



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS
EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA
COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)

PRESENTADO POR:

CRISTIAN ALEXIS CAJAMARCA GARCÍA COD: 505344
CAMILO STEVEN GARCÍA CORREDOR COD: 505008

ALTERNATIVA:

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia


DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS
EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA
COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)

PRESENTADO POR:

CRISTIAN ALEXIS CAJAMARCA GARCÍA. COD: 505344
CAMILO STEVEN GARCÍA CORREDOR. COD: 505008

DIRECTOR:
CAMILO HIGUERA FLÓREZ

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2018

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en voladizo de concreto reforzado, de acuerdo con la norma colombiana de puentes – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	---



La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)
 Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



- Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
- hacer obras derivadas


Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).




No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en voladizo de concreto reforzado, de acuerdo con la norma colombiana de puentes – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

DEDICATORIA


A nuestros padres y hermanos

Por el apoyo y el amor incondicional que ellos nos han brindado en nuestras vidas, podemos formarnos tanto como personas como buenos profesionales y siempre vamos a contar con ellos en nuestros futuros proyectos.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---


AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Católica de Colombia, por darnos el espacio para formarnos como profesionales y a todos los docentes que estuvieron presentes en el proceso educativo. También al Ing. Héctor Camilo Higuera ya que fue nuestro apoyo para la elaboración de este proyecto de investigación.


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	---

CONTENIDO


INTRODUCCIÓN.....	15
1 GENERALIDADES	16
1.1 ANTECEDENTES.....	16
1.1.1 Las Especificaciones AASHTO y la Práctica Colombiana.....	16
1.1.2 Norma LRFD y Norma Estándar.....	18
1.1.3 Diseño por estados límite	18
1.1.4 Calibración de la especificación colombiana LRFD para puentes.....	19
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.2.1 Descripción del problema	20
1.2.2 Formulación del problema	20
1.3 OBJETIVOS.....	21
1.3.1 Objetivo general.	21
1.3.2 Objetivos específicos.....	21
1.4 JUSTIFICACIÓN	21
1.5 DELIMITACIÓN.....	22
1.5.1 Espacio	22
1.5.2 Tiempo	22
1.5.3 Contenido.....	22
1.5.4 Alcance	23
1.6 MARCO REFERENCIAL.....	23
1.6.1 Marco teórico.....	23
1.6.2 Marco conceptual	33
1.6.3 Marco legal.....	34

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

1.7	METODOLOGÍA	38
1.7.1	Tipo de Estudio	38
1.7.2	Fuentes de Información.....	38
2	COMPORTAMIENTO DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN	39
2.1	PRESIONES LATERALES SOBRE MUROS.....	39
2.2	DISEÑO SÍSMICO DE MUROS DE CONTENCIÓN	40
2.2.1	Comportamiento Estático:	41
2.2.2	Comportamiento Dinámico:	41
2.2.3	Efectos Sísmicos	42
2.2.4	Teoría de Coulomb (1776).....	42
2.2.5	Método de Mononobe-Okabe	43
2.2.6	Cargas.....	44
2.2.7	Combinaciones y factores de carga.....	50
2.2.8	Estabilidad de muros de contención	52
2.2.9	Asentamientos.....	53
2.2.10	Seguridad al volcamiento:	54
2.2.11	Deslizamiento.....	55
3	DESARROLLO DEL PROGRAMA.....	57
3.1	SOFTWARE DE MUROS DE CONTENCIÓN:	57
3.2	FUERZAS HORIZONTALES	59
3.2.1	Empuje lateral del suelo (EH):	59
3.2.2	Sobrecarga por carga viva (LS):	63
3.2.3	Empuje dinámico del suelo (EQ)	65
3.2.4	Nivel freático (NF)	69
3.3	FUERZAS VERTICALES	71
3.3.1	Carga muerta de elementos estructurales (DC).....	71
3.3.2	Carga suelo vertical (EV).....	73
3.3.3	Sobrecarga Vertical (LS)	73
3.4	COMBINACIONES DE CARGA.....	74

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en voladizo de concreto reforzado, de acuerdo con la norma colombiana de puentes – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	--

3.4.1	Combinaciones Horizontales	74
3.4.2	Combinaciones Verticales	75
3.5	ESTABILIDAD DE VOLCAMIENTO	76
3.6	ESTABILIDAD DE DESLIZAMIENTO	77
3.7	CAPACIDAD PORTANTE.....	77
4	VALIDACIÓN DEL PROGRAMA.....	78
5	ANÁLISIS DE RESULTADOS	86
5.1	TERCER MURO:	99
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	106
6.1	CONCLUSIONES	106
6.2	RECOMENDACIONES	107
	BIBLIOGRAFÍA.....	108
	ANEXOS	111

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	---

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Muros de gravedad	26
Figura 2. Muros de semi-gravedad	27
Figura 3. Muros en voladizo	28
Figura 4. Muros con contrafuertes	29
Figura 5. Dimensionamiento de muros	30
Figura 6. Fuerzas actuantes en un muro en voladizo	40
Figura 7. Cuña activa triangular	43
Figura 8. Cuña activa en el análisis de Mononobe-Okabe.....	43
Figura 9. Nomenclatura para la presión activa.....	48
Figura 10. Efecto del agua freática	50
Figura 11 Muro de Contención en Volcamiento	55
Figura 12 Muro de contención en deslizamiento.....	56
Figura 13 Dimensiones	58
Figura 14 Carga	61
Figura 15 Cortante	62
Figura 16 Momento.....	62
Figura 17 Deflexión.....	63
Figura 18 Secciones	72


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUIROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUNTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

Figura 19 Plataforma Inicial	79
Figura 20 Plataforma Inicial del diseño	79
Figura 21 Carga	80
Figura 22 Cortante	81
Figura 23 Momento.....	81
Figura 24 Deflexión.....	82
Figura 25 Momento E.E I máx.	83
Figura 26 dentellón	84
Figura 27 Plataforma inicial	86
Figura 28 Plataforma del diseño del muro	87
Figura 29 Plataforma del muro nuevo diseñado	88
Figura 30 Momento.....	89
Figura 31 Cortante	89
Figura 32 Deflexión.....	89
Figura 33 Momento resistencia I máx.	90
Figura 34 Cortante Resistencia I máx.....	90
Figura 35 Deflexión Resistencia I máx.....	90
Figura 36 Resultados de momento combinación vertical.....	91
Figura 37 Resultados de la cortante de vertical combinación vertical.....	91
Figura 38 Aceros.....	92
Figura 39 Plataforma inicial	93


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en voladizo de concreto reforzado, de acuerdo con la norma colombiana de puentes – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

Figura 40 Plataforma del diseño del muro	93
Figura 41 Plataforma del muro nuevo diseñado	94
Figura 42 Momento.....	95
Figura 43 Cortante	96
Figura 44 Deflexión.....	96
Figura 45 Momento resistencia I máx.	97
Figura 46 Cortante resistencia I máx.	97
Figura 47 Deflexión Resistencia I máx.....	97
Figura 48 Resultados de momento combinación vertical.....	98
Figura 49 Resultados de la cortante de vertical combinación vertical.....	98
Figura 50 Aceros.....	98
Figura 51 Plataforma inicial	99
Figura 52 Plataforma del diseño del muro	100
Figura 53 Plataforma del muro nuevo diseñado	100
Figura 54 Momento.....	101
Figura 55 Cortante	102
Figura 56 Deflexión.....	102
Figura 57 Momento resistencia I máx.	102
Figura 58 Cortante resistencia I máx.	103
Figura 59 Deflexión resistencia I máx.	103
Figura 60 Resultados de momento combinación vertical.....	103



 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	--


Figura 61 Resultados de la cortante de vertical combinación vertical..... 104

Figura 62 Aceros..... 104

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--


LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Pesos unitarios	45
Tabla 2. Angulo de Fricción entre diferentes materiales	49
Tabla 3. Combinaciones y factores de carga	51
Tabla 4. Factores para cargas permanentes	52
Tabla 5 Altura de suelo equivalente para carga vehicular sobre estribos perpendiculares al trafico	65
Tabla 6. Valores del PGA	66
Tabla 7 Valores del factor de sitio, F pga, en el periodo de vibraciones cero del Espectro de Aceleraciones	67
Tabla 8 Perfil del suelo	67
Tabla 9 Pesos ponderados de cada sección	72
Tabla 10 Los factores de resistencia para la resistencia geotécnica de cimentaciones superficiales en el estado límite de resistencia	77
Tabla 11 Resistencias.....	83
Tabla 12 Resistencias.....	85
Tabla 13 Resistencias Muro 1.....	88
Tabla 14 Resistencias Muro 2.....	95
Tabla 15 Resistencias Muro 3.....	101

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. MANUAL DEL SOTWARE	111
ANEXO B. LIBRO DE EXCEL.....	124
ANEXO C. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN.....	125


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en voladizo de concreto reforzado, de acuerdo con la Norma Colombiana de Puentes – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

INTRODUCCIÓN

Los muros de contención son elementos estructurales muy importantes en el desarrollo de la infraestructura nacional, puesto que son los encargados de soportar y controlar las diferentes cargas que se puedan presentar en el terreno, evitando que esto afecte la infraestructura existente.

Teniendo en cuenta su alto grado de importancia, y coincidiendo con la entrada en vigor de la nueva Norma Colombiana de Puentes LRFD – CCP-14, la presente investigación consiste en el desarrollo e implementación de un software que permita hacer el análisis y diseño estructural de muros en voladizo de concreto reforzado, teniendo en cuenta las indicaciones en el CCP-14.

En cuanto a la aplicación, el software desarrollado en el presente proyecto estará en capacidad de analizar y diseñar muros de contención de concreto reforzado en voladizo, cumpliendo todos los parámetros mínimos de seguridad para estructuras de este tipo, de acuerdo con la normatividad vigente en Colombia.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en Voladizo de Concreto Reforzado, de acuerdo con la Norma Colombiana de Puentes – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

1 GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES


La sociedad en general espera que la infraestructura construida en el país sea segura para quienes las usan, bajo el supuesto de que la falla sea un evento extremadamente escaso. Es decir, confía implícitamente en la idoneidad de los profesionales involucrados en la planeación, diseño, construcción y mantenimiento de las estructuras que la conforman. Los ingenieros estructurales dedican sus esfuerzos a llenar las expectativas de la sociedad sin perder de vista la economía y la funcionalidad de los proyectos.

En los últimos años los ingenieros y los científicos han trabajado conjuntamente para desarrollar métodos que den respuesta a los crecientes desafíos de la ingeniería. Aceptando que nada es absolutamente seguro, la discusión de seguridad puede darse en términos de probabilidades de falla. Partiendo de esta premisa, la teoría de la confiabilidad surgió y ha llegado a ser parte de la práctica de la ingeniería en la actualidad. Su aplicación no solamente se refiere a la seguridad de las estructuras, sino también a las condiciones de servicio y otros requerimientos de los sistemas técnicos sujetos a alguna probabilidad de falla.¹

1.1.1 Las Especificaciones AASHTO y la Práctica Colombiana

En buena parte del continente americano, el diseño de puentes se ha practicado teniendo como referencia las especificaciones americanas AASHTO (American Association of State Highway Officials), cuya primera norma, “Standard Specifications for Highway bridges and Incidental Structures” fue publicada en 1931. Posteriormente se denominó AASHTO y se creó el “AASHTO Highway Subcommittee on Bridges and Structures”, autor de esta primera especificación. El

¹ AIS, Asociación de ingeniería sísmica-. Norma Colombiana de puentes LFRD-CCP 14. Bogotá : s.n., 2014.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

titulo original de la especificación fue simplificado y en sus últimas ediciones se conoce como la “Standard Specifications for Highway Bridges” (American Association of State Highway and Transportation Officials - AASHTO, 2012).


En 1986, el subcomité de AASHTO encargado de estos asuntos manifestó el interés por efectuar una evaluación de las especificaciones AASHTO vigentes, revisar las especificaciones y códigos extranjeros y, lo más importante, considerar las alternativas de filosofía de diseño a las especificaciones estándar que se estaban utilizando corrientemente. El trabajo fue realizado y se encontró que la especificación no reflejaba los más recientes desarrollos de la filosofía de diseño con factores de diseño de carga y resistencia, LRFD. Por tal motivo, en 1994 AASHTO publica su primera edición de especificaciones para diseño de puentes basada en la filosofía LRFD, conocida como “AASHTO LRFD Bridge Design Specifications”, de la cual, su más reciente publicación es de 2016.²

En Colombia se utilizó la especificación americana “AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges”, hasta el año 1994, cuando el Gobierno Nacional encargó a la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) la tarea de producir un documento nacional que sirviera de reglamentación para los diseños de los puentes en el país. En 1995, la AIS, mediante convenio con el Ministerio del Transporte y el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) publicó el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes (CCPDSP-95), basado en la especificación “AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges” de 1992.

En el año 2013, en convenio con el INVIAS, la AIS, desarrolló la nueva Norma Colombiana de Diseño de Puentes LRFD CCP-14, esta vez basada en las especificaciones “AASHTO LRFD Bridge Design Specifications” 6ª edición de 2012 y “AASHTO LRFD Bridge Design Specifications” 7ª edición de 2014, las cuales se encuentran fundamentadas en la filosofía LRFD. Algunos aspectos relevantes del CCP-14 son: la actualización de los mapas colombianos de amenaza sísmica y la calibración de la carga viva vehicular de diseño para la práctica colombiana.³

² **Officials-AASHTO, American Association of State Higfway and Transportation. AASHTO LRFD-AASHTO.** Washington D.C. : s.n., 2012.

³ **AIS, Asociación de ingeniería sísmica-. Norma Colombiana de puentes LFRD-CCP 14.** Bogotá : s.n., 2014.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en Voladizo de Concreto Reforzado, de acuerdo con la Norma Colombiana de Puentes – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

1.1.2 Norma LRFD y Norma Estándar

En la especificación AASHTO, desde el principio y hasta la década de los 70, la única filosofía de diseño utilizada fue la conocida como “diseño por esfuerzos de trabajo” o WSD (working stress design por sus siglas en inglés), la cual definía los esfuerzos admisibles como una fracción de la resistencia de un determinado material y requería que los esfuerzos de diseño calculados no excedieran los esfuerzos admisibles definidos. Iniciando los años 70, la metodología WSD inició un proceso de evaluación para reflejar la variabilidad de ciertos tipos de carga, tales como las cargas vehiculares, las fuerzas sísmicas y de viento. Esto se logró ajustando unos factores de diseño y dando lugar a una filosofía de diseño denominada de “factores de carga” o LRFD (load and resistance factor design por sus siglas en inglés). Ambas filosofías, WSD y LRFD, estaban contenidas en las ediciones de las especificaciones estándar “AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges”.


La nueva filosofía resultó de considerar la variabilidad de las propiedades de los elementos estructurales y, en forma similar, la variabilidad de las cargas. La filosofía de diseño con factores de carga y de resistencia (LRFD) está basada en el uso confiable de los métodos estadísticos y define procedimientos fácilmente utilizables por los diseñadores de puentes.⁴

1.1.3 Diseño por estados límite

El diseño por estados límite es una aplicación acertada de los métodos estadísticos de diseño, en los cuales el énfasis está en la probabilidad de falla. Esta metodología ha sido adoptada en la mayoría de los códigos de diseño de puentes. Un estado límite es una condición más allá de la cual una estructura, o uno de sus componentes, no cumplen la función para la cual fue diseñado. La metodología de diseño por estados límite es corrientemente usada en diseño estructural y tiene dos características básicas.

En primer lugar, trata de considerar todos los estados límites posibles; y segundo, está basado en métodos probabilistas. Los estados límite deben estar bien definidos, de tal manera que un diseñador sepa qué es considerado como aceptable o inaceptable. De mayor importancia es prevenir que los estados límites sean

⁴ AIS, Asociación colombiana de ingeniería sísmica -. *Reglamento Colombiano de construcción sísmo resistente*. Bogotá D.C. : s.n., 2010.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

alcanzados, pero hay otras metas igualmente deseables: funcionalidad, apariencia y economía. No es económico diseñar un puente para que ninguno de sus componentes falle. Por lo tanto, es necesario determinar cuál es el nivel de riesgo o probabilidad de falla aceptable.⁵

El estado límite más simple es el de la falla de un componente bajo una carga particular aplicada. Esto depende de dos parámetros: la magnitud de la carga que afecta la estructura, llamada el efecto de la carga, y la resistencia o esfuerzo del componente. Si el efecto de la carga excede la resistencia, entonces el componente fallará. Sin embargo, la magnitud del efecto de la carga y la resistencia están sujetos a incertidumbres. Para cuantificar la incertidumbre asociada a la resistencia es necesario ejecutar un gran número de ensayos, útiles para calcular la resistencia promedio y alguna medida de su variación como la desviación estándar o el coeficiente de variación.⁶

1.1.4 Calibración de la especificación colombiana LRFD para puentes


Muchas aproximaciones pueden ser usadas en la calibración de un código de diseño. Puede usarse el buen juicio, la adaptación de otros códigos, el uso de la teoría de la confiabilidad estructural o una combinación de todas estas aproximaciones. La calibración por adaptación es usualmente hecha cuando hay un cambio fundamental en la filosofía de diseño o en el formato del código. Los parámetros de un nuevo código se deben obtener de tal manera que los diseños resultantes sean esencialmente los mismos que se obtendrían utilizando el código anterior. Su principal objetivo sería transferir la experiencia de la aplicación del código antiguo al nuevo. Esta técnica asegura que los nuevos diseños no se desvíen significativamente de los diseños existentes.⁷

La nueva especificación colombiana de diseño de puentes CCP-14, está basada en la especificación “AASHTO LRFD Bridge Design Specifications” 6ª Edición de 2012 y 7ª edición de 2014, la cual consta de 15 secciones. Las cargas vehiculares de diseño y la fuerza sísmica han sido actualizadas y calibradas. Adicionalmente, se prepararon los mapas de amenaza sísmica con un enfoque probabilista al objeto de establecer los valores de los coeficientes sísmicos de diseño denominados como

⁵ AIS, Asociación de ingeniería sísmica-. Norma Colombiana de puentes LFRD-CCP 14. Bogotá : s.n., 2014.

⁶ Ibid.

⁷ Ibid.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en Voladizo de Concreto Reforzado, de acuerdo con la Norma Colombiana de Puentes – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	---------------------------------------

PGA, Ss y S1, a una probabilidad de excedencia del 7% en una vida útil de 75 años, lo que equivale, aproximadamente, a un período de retorno de 975 años. Las demás cargas y combinaciones de cargas especificadas permanecen, básicamente, iguales a las indicadas en la especificación AASHTO LRFD.⁸

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Descripción del problema


Teniendo en cuenta la entrada en vigencia en el año 2015 de la nueva norma colombiana de puentes LRFD (CCP-14), la cual indica que todos los diseños estructurales de la infraestructura de puentes y carreteras en el país deben ser desarrollados por la metodología de factores de carga y resistencia (LRFD por sus siglas en inglés), es necesario generar mecanismos que permitan evaluar el estado actual de la infraestructura existente en el país, y adicionalmente, establecer metodologías que permitan generar diseños que cumplan con la normativa vigente.

1.2.2 Formulación del problema

Teniendo en cuenta lo anterior, surge la pregunta: ¿Cómo se debe desarrollar un software que permita realizar análisis y diseño de muros de concreto reforzado, que garanticen la seguridad de los usuarios y que adicionalmente, cumplan con los requisitos indicados en la norma colombiana de puentes - LRFD (CCP-14)?

Para dar respuesta a esta pregunta, el presente proyecto de grado planea desarrollar e implementar un software que permita analizar y diseñar muros en voladizo de concreto reforzado, de acuerdo con la norma colombiana de puentes – LRFD (CCP-14). El software desarrollado permitirá elaborar nuevos diseños que incluyan todas las recomendaciones de las normas vigentes. Sin embargo, dicho software solo estará en capacidad de analizar y diseñar muros en voladizo, razón por la cual, la investigación podrá ser complementada en un futuro, incluyendo otros tipos de muros y estructuras dentro del software desarrollado.

⁸ AIS, Asociación de ingeniería sísmica-. Norma Colombiana de puentes LFRD-CCP 14. Bogotá : s.n., 2014.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general.

Desarrollar e implementar un software para el análisis y diseño estructural de muros en voladizo de concreto reforzado, de acuerdo con las especificaciones de la norma colombiana de puentes – LRFD (CCP-14).


1.3.2 Objetivos específicos.

- Desarrollar una rutina para el análisis estructural de muros en voladizo, de tal forma que se puedan determinar los esfuerzos internos del elemento estructural (valores de esfuerzo cortante y momento flector) así como los valores máximos de deflexión de este.
- Generar una subrutina para evaluar la estabilidad ante el deslizamiento y el volcamiento, así como la verificación de los esfuerzos sobre el suelo de fundación de muros en voladizo de concreto reforzado.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Con la realización del presente proyecto se desarrollará un software para el análisis y diseño de muros en voladizo de concreto reforzado de acuerdo con la Norma Colombiana de Puentes – LRFD (CCP-14), debido a que, con la actualización de la norma, la forma en que se analizaban y diseñaban este tipo de elementos estructurales ha sido modificada. El desarrollo del presente proyecto tiene repercusiones en los aspectos teóricos y prácticos del análisis y diseño de muros en voladizo en la práctica colombiana.

En primer lugar, representa un avance en el aspecto teórico del análisis y diseño de muros de contención en voladizo, puesto que se implementa la filosofía de diseño por factores de carga y resistencia (load and resistance factor design por sus siglas en inglés - LRFD).

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en voladizo de concreto reforzado, de acuerdo con la Norma Colombiana de Puentes – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	---

Finalmente, el proyecto representa un avance en el aspecto práctico del análisis y diseño de muros en voladizo de concreto reforzado, debido a que los resultados obtenidos mediante la aplicación de la nueva Norma Colombiana de diseño de puentes LRFD (CCP-14) serán diferentes a los que se obtenían anteriormente (antiguo CCDSP-95).

1.5 DELIMITACIÓN

1.5.1 Espacio

El proyecto se realizará en las salas de computación de la Universidad Católica de Colombia, sede el Claustro.


1.5.2 Tiempo

Para el desarrollo del presente proyecto se dio inició con la búsqueda de información en agosto del 2017, donde también se estableció la metodología para la elaboración del programa, en la cual tendrá una duración de cinco meses donde se formulará el código del programa, se realizarán sus respectivas verificaciones con correcciones y se diseñará su manual de usuario. La finalización del proyecto se ha planeado para el mes de Mayo de 2018.

1.5.3 Contenido

EL trabajo se limitará al análisis y diseño estructural de muros en voladizo de concreto reforzado de acuerdo con las especificaciones de la norma colombiana de puentes – LRFD (CCP-14). Lo anterior indica tres limitaciones importantes para tener en cuenta.

La primera limitación consiste en que el software solo estará en capacidad de analizar y diseñar muros en voladizo, razón por la cual otros tipos de muros tales como: muros de gravedad, muros de semi-gravedad, muros pantalla o muros con contrafuertes no se encuentran incluidos dentro de los elementos que serán objeto de análisis y diseño estructural por parte del software.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en voladizo de concreto reforzado, de acuerdo con la norma colombiana de puentes – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	--

La segunda limitación consiste en el material de diseño de los muros, debido a que el software solo estará en capacidad de diseñar muros en voladizo de concreto reforzado; esto significa que muros de otros materiales tales como acero o mampostería no se encuentran incluidos dentro del software. Finalmente, la tercera limitación es la norma con la cual se desarrollará el diseño estructural, debido a que el documento base para el diseño de los muros será la norma colombiana de puentes – LRFD (CCP-14); por tal motivo, otras normas tales como la NSR-10 o el ACI-318 no se encuentran contempladas dentro del alcance del software.

1.5.4 Alcance

Para garantizar el correcto desarrollo del proyecto y con la finalidad de cumplir con los objetivos propuestos, se estableció como alcance del proyecto conseguir el diseño de muros en voladizo de concreto reforzado por medio de la metodología de diseño por factores de carga y resistencia (load and resistance factor design - LRFD por sus siglas en inglés), de acuerdo con las especificaciones de la norma colombiana de puentes – LRFD (CCP-14).


Lo anterior significa, que el software desarrollado deberá estar en la capacidad de hacer el análisis estructural (determinar máximos valores de esfuerzos y desplazamientos), evaluar la estabilidad de la estructura (ante el deslizamiento, el volcamiento y verificación de los esfuerzos sobre el suelo de fundación) y hacer el diseño estructural (cálculos de capacidad y cuantías de acero de refuerzo) de muros en voladizo de concreto reforzado.

1.6 MARCO REFERENCIAL

Para el marco de referencia del presente anteproyecto, a continuación, se presentan el marco teórico y el marco conceptual del mismo.

1.6.1 Marco teórico

En esta primera parte, se presentan los conceptos básicos para el desarrollo del presente anteproyecto.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

1.6.1.1 Muros de Contención

Un muro de contención es una estructura que se construye para suministrar cierto grado de confinamiento lateral el suelo o el empuje de otros materiales que tienden a deslizar o volcar porque estas masas según sus condiciones no pueden asumir su pendiente natural.⁹

Para diseñar cualquier tipo de muro de contención se necesita determinar la magnitud, dirección y punto de aplicación de las presiones que el suelo ejercerá sobre el muro. Existen diferentes factores de suma importancia que se deben tener en cuenta para el diseño de muros, de los cuales describimos los siguientes:

- Seleccionar el tipo de muro y sus dimensiones.
- Análisis de la estabilidad del muro frente a las fuerzas requeridas.
- Diseño de los elementos o partes del muro.¹⁰

1.6.1.2 Desarrollo histórico


En la antigüedad se construyeron muchos muros de contención, los más antiguos que se conservan son de adobe o piedra. Se tiene constancia de la existencia de pastas y morteros precursores del hormigón desde los tiempos del Antiguo Egipto, pero fueron los romanos los que impulsaron este material con la técnica del Emplectum, consistente en crear dos hojas exteriores de sillares de piedra, rellenas de un mortero de cal con arena y cascotes. Esta técnica constructiva se ha repetido con ligeras variantes (como el muro Dacio), a lo largo de la historia.¹¹

En los lugares donde la piedra escaseaba o era excesivamente costosa conseguirla, ésta se sustituyó por el barro en forma de adobe, un ladrillo de barro secado al sol.

⁹ **García Segura, Vicente.** *Ejecución de fábricas para revestir*. Antequera, España : IC Editorial, 2013.

¹⁰ **Mc Cormac, Jack y Brown, Russell.** *Diseño de Concreto Reforzado*. México D.F. : Alfaomega, 2011.

¹¹ **Andrade, Andres Merizalde.** Estudio del desazolve y muro de protección del stero cañas junto al recinto cien familias, Cantón Balao (tesis). Guayaquil, Ecuador : Universidad laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, 2013.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

Asimismo, se puede establecer un paralelismo entre el Emplectum y el tapial, una forma de construcción consistente en aprisionar barro entre dos placas o encofrados de madera, y compactarlo en sucesivas tongadas mediante mazos o pisones. Una vez se terminaba una hilada de tapias, se colocaban el encofrado encima, y se repetía la operación. Con estas técnicas de tapial y adobe se lograron erigir edificios de hasta seis alturas, algunos de los cuales perduran en Yemen.¹²


Pero el material más empleado para realizar muros de carga es el ladrillo: una evolución del adobe, cuya diferencia estriba en el proceso de cocción, que le confiere mayor resistencia y durabilidad. El ladrillo empleado en muros de carga suele ser macizo, aunque no es inusual encontrar muros de carga de ladrillo perforado o incluso hueco en viviendas de una o dos alturas. Una variante del muro de carga de ladrillo es el realizado con bloque de hormigón, si bien no es posible alcanzar grandes alturas por este método. Al igual que en las épocas anteriores, también existe un reflejo del Emplectum romano en el empleo actual del hormigón en masa, donde, como sucediera en el tapial, el hormigón se confina mediante encofrados hasta que éste fragua y adquiere dureza.¹³

La aparición del acero, capaz de soportar las tensiones de tracción, posibilitó la aparición del hormigón armado y de las estructuras metálicas, que modificó radicalmente la forma de construir, dejando obsoletos los muros de carga. En la actualidad, estos muros sólo se emplean en obras de poca entidad, como muros de contención de terreno en obras públicas y en sótanos, siendo el resto de la estructura una combinación de vigas y pilares, por lo que los muros rara vez adquieren funciones portantes o estructurales, y su único propósito es el de compartimentar o aislar los espacios. Hasta finales del siglo XIX, se construían muros de mampostería y piedra, a partir del siglo XX se comenzó a construir muros de concreto en masa y de concreto armado, desplazando en muy buena parte a los materiales anteriormente utilizados.¹⁴

¹² **Andrade, Andres Merizalde.** Estudio del desazolve y muro de protección del stero cañas junto al recinto cien familias, Cantón Balao (tesis). Guayaquil, Ecuador : Universidad laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, 2013.

¹³ **Ibid.**

¹⁴ **Ibid.**

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	-------------------------------------

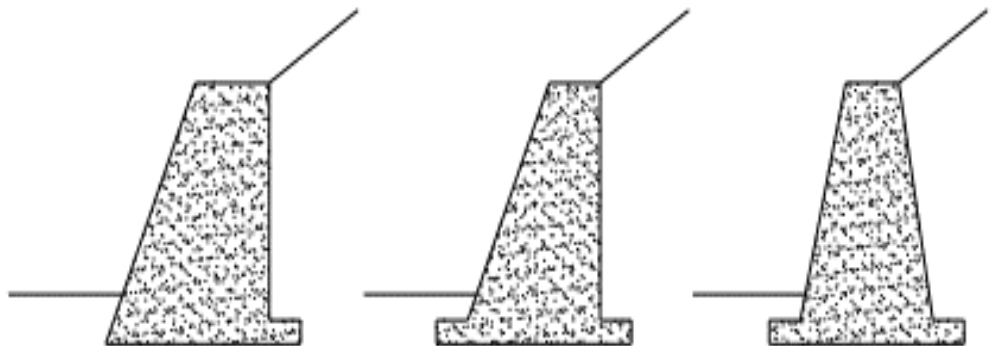
1.6.1.3 Tipos de muros de contención.

Existen diferentes tipos de contención, dentro de los cuales lo más comunes, se pueden clasificar y tipificar como:

1.6.1.3.1 Muros de gravedad

Se usa para muros hasta aproximadamente de 3 a 4 metros de altura. Usualmente se construye con concreto simple y depende de su propio peso para la estabilidad contra el deslizamiento y el volcamiento. Comúnmente es tan masivo que no se refuerza con acero. Los refuerzos de tensión calculados con el método de esfuerzos de trabajo se mantienen generalmente inferiores a 1,6 f'c. Los muros de retención del tipo de gravedad también se pueden construir de piedra o de mampostería.¹⁵

Figura 1. Muros de gravedad



Fuente: **Nilson, Arthur.** *Diseño de Estructuras de Concreto.* Bogotá D.C.: McGrawhill, 2001.

1.6.1.3.2 Muros de semi-gravedad

Están situados entre los tipos de gravedad y de voladizo. Depende de su propio peso más el peso de algo de suelo detrás de la pared para proporcionar estabilidad. Los muros de retención tipo semi-gravedad se usa aproximadamente para el mismo intervalo de alturas por gravedad y usualmente tienen algún refuerzo aligerado.¹⁶

¹⁵ **Mc Cormac, Jack y Brown, Russell.** *Diseño de Concreto Reforzado.* México D.F. : Alfaomega, 2011.

¹⁶ **Nilson, Arthur.** *Diseño de Estructuras de Concreto.* Bogotá D.C. : McGrawhill, 2001.


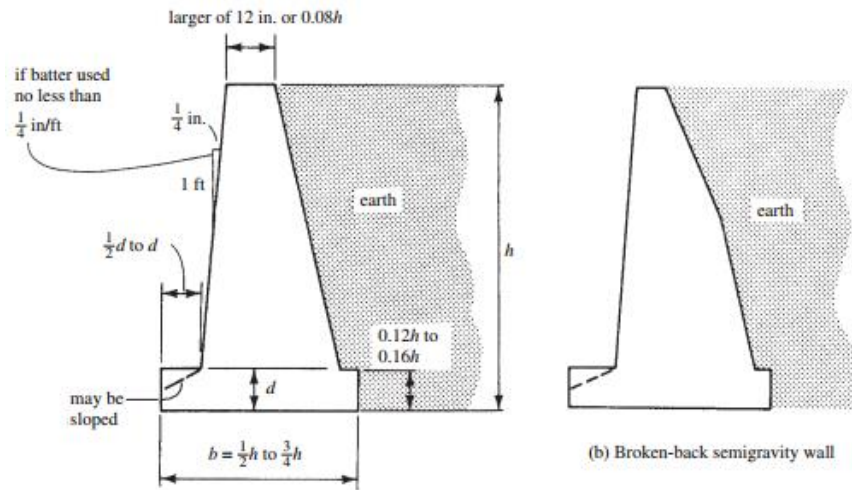
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	---------------------------------------

Figura 2. Muros de semi-gravedad



Fuente: **Mc Cormac, Jack y Brown, Russell.** *Diseño de Concreto Reforzado.* México D.F.: Alfaomega, 2011.

1.6.1.3.3 Muros en voladizo

Se utilizan hasta alturas de aproximadamente 7 a 8 metros. Cuando hay necesidad de mayor altura, los momentos en la unión del cuerpo y losa de base es tan importante que por razones económicas y de rigidez es necesario colocar refuerzos a través de contrafuertes.¹⁷

¹⁷ **Nilson, Arthur.** *Diseño de Estructuras de Concreto.* Bogotá D.C. : McGrawhill, 2001.


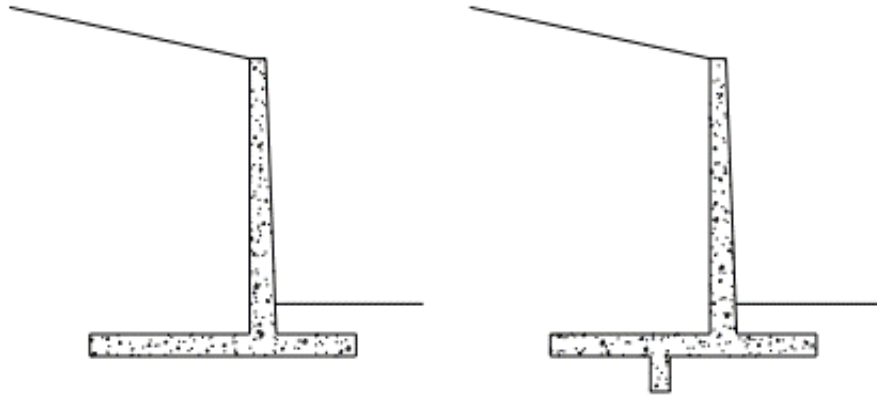
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	--

Figura 3. Muros en voladizo



Fuente: **Nilson, Arthur.** *Diseño de Estructuras de Concreto.* Bogotá D.C.: McGrawhill, 2001.

1.6.1.3.4 Muros con contrafuertes

Los contrafuertes son uniones entre la pantalla vertical del muro y la base. Los muros contrafuertes representan una nueva evolución de los muros en voladizo, ya que por finalidad al aumentar la altura del muro aumenta el espesor de la pantalla, el muro al ser empujados por el terreno es recibido por unas pantallas y transmitido al suelo de cimentación por medio de la zapata la cual con lleva que en la unión entre la pantalla y zapata se lleva a vado por medio de contrafuertes, que pueden ser exteriores e interiores.¹⁸

¹⁸ **Nilson, Arthur.** *Diseño de Estructuras de Concreto.* Bogotá D.C. : McGrawhill, 2001.


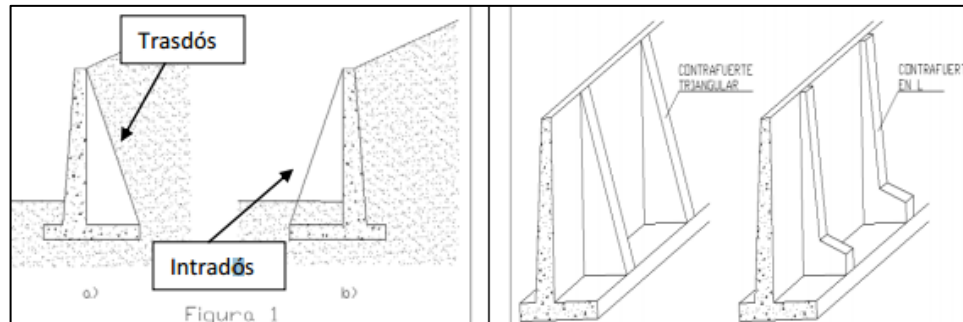
 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

Figura 4. Muros con contrafuertes



Fuente: **Nilson, Arthur.** *Diseño de Estructuras de Concreto.* Bogotá D.C.: McGrawhill, 2001.

1.6.1.3.5 Dimensionamiento y diseño de muros

El diseño se inicia con la selección de dimensiones tentativas, las cuales se analizan por requerimientos de estabilidad y estructurales, revisándose luego las dimensiones. Este es un proceso de iteraciones sucesivas, que se optimiza mediante programas de cómputo. La estabilidad se debe proporcionar un adecuado factor de seguridad contra el deslizamiento. El empuje pasivo delante del muro puede omitirse si ocurrirá socavación. Se puede utilizar llaves en la cimentación para aumentar la estabilidad. La mejor localización es en el talón. Se hace un proceso de fuerzas en el muro de contención los cuales para los muros de gravedad y cantiléver se toman por ancho unitario.

Para muros de contrafuerte se considera como unidad entre juntas o como unidad entre apoyos.¹⁹ La Capacidad portante admisible se utiliza un adecuado factor de seguridad con la carga última, $FS = 2.0$ para suelo granular y $FS=3.0$ para suelo cohesivo.²⁰

¹⁹ **Segura, Jorge.** *Estructuras de concreto I.* Bogotá D.C. : Universidad Nacional de Colombia, 2011.

²⁰ **Llopiz, Carlos Ricardo.** *Hormigon II.* Mendoza : Universidad Nacional de Cuyo, 2008.


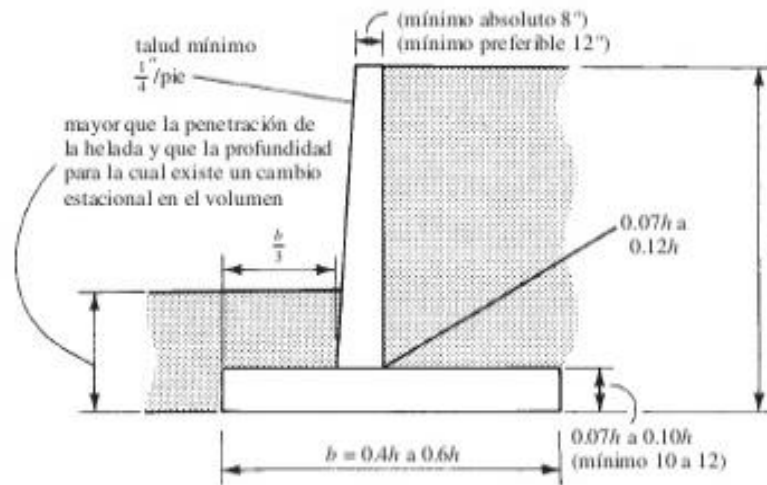
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en voladizo de concreto reforzado, de acuerdo con la norma colombiana de puentes – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	----------------------------------

Figura 5. Dimensionamiento de muros




Fuente: **Mc Cormac, Jack y Brown, Russell.** *Diseño de Concreto Reforzado.* México D.F.: Alfaomega, 2011.

1.6.1.3.6 Diseño muros semi-gravedad

Se diseña para resistir presiones del suelo por medio de su propio peso. Se construyen normalmente en concreto simple, piedra o mampostería, su diseño se basa en la hipótesis que la estructura va a sufrir poca tensión o ninguna. Si la resultante de la presión del suelo y el peso del muro esta situada dentro del tercio medio de la base del muro, los esfuerzos de tensión serán despreciables.²¹ Se supone un tamaño para el muro, se calculan factores de seguridad contra deslizamientos y volcamiento, se terminal punto en que la fuerza resultante interseca la base y se calculan las presiones del suelo. Normalmente se considera que los esfuerzos de seguridad contra deslizamientos deben ser por lo menos 1.5 para rellenos sin cohesión y 2 para rellenos cohesivos. Normalmente los factores de seguridad son de 2 para volcamiento.²²

²¹ **Segura, Jorge.** *Estructuras de concreto I.* Bogotá D.C. : Universidad Nacional de Colombia, 2011.

²² **Mc Cormac, Jack y Brown, Russell.** *Diseño de Concreto Reforzado .* México D.F. : Alfaomega, 2011.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en voladizo de concreto reforzado, de acuerdo con la norma colombiana de puentes – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	---------------------------------------

1.6.1.3.7 Diseño muros en voladizo

Una vez establecido el tamaño aproximado del muro, se pueden diseñarse detalladamente el vástago, la punta de talón. Cada una de esas partes se diseña individualmente como un voladizo saliendo de una masa central. La parte inicial del diseño consiste en estimar la dimensión aproximada del muro de retención. Aunque este en realidad es un procedimiento de ensayo y error, los valores obtenidos no son muy sensibles a los valores ligeramente incorrectos y generalmente uno o dos tanteos son suficientes. Hay varias reglas empíricas con las cuales se pueden obtener las dimensiones iniciales.²³

1.6.1.3.8 Diseño muros pantalla

Históricamente las pantallas surgen como una mejor solución técnica a las estructuras de contención construidas antes de efectuar el vaciado de una excavación y que hasta entonces, se venían haciendo mediante pantallas de pilotes, las cuales se construían, en función de las características particulares del terreno, según la siguiente disposición:

- Pantalla discontinua de pilotes
- Pantalla de pilotes tangentes
- Pantalla de pilotes secantes.²⁴


La particularidad del último caso consiste en que primero se hacen unos pilotes sin armadura, a distancia inferior a su diámetro, y luego los pilotes intermedios cuando el hormigón de los laterales todavía este fresco. Estos últimos pilotes son los que deben ir convenientemente armados²⁵.

Un muro pantalla o pantalla de hormigón in situ es una estructura de contención. Las dimensiones de los paneles que conforman los muros pantalla son entre 2.5 y 8 m de longitud, y 0.40 a 1.5 m de espesor. Cada elemento que conforma un muro pantalla trabaja independientemente, y entre ellos presentan juntas que han de ser estancas (evitar el paso de agua a través de estas).

²³ **Mc Cormac, Jack y Brown.** *Diseño de Concreto Reforzado* . México D.F.: Alfaomega, 2011.

²⁴ **Ibid.**

²⁵ **Muzás Labad, Fernando.** Muros pantalla (tesis). Madrid, España : CEDEX, 2003.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

El cálculo de las pantallas se suele realizar suponiendo que es una viga empotrada que soporta el empuje de tierras. El panel es la parte de una pantalla de concreto en un solo bloque. Un panel puede ser rectilíneo, en forma de T o L, de cualquier forma.


Es un tipo de estructura de contención flexible también conocido como pantalla que es muy utilizado en el área de ingeniería civil. El muro de pantalla se realiza en obra que es lo contrario de las pantallas de paneles prefabricados de hormigón. Muro pantalla. Estos elementos estructurales se ejecutan in situ para así no recurrir a paneles prefabricados, es por ello por lo que al muro de pantalla se le conoce también como pantalla de hormigón in situ. Los paneles de estos muros poseen entre 4 y 5 m de longitud y entre 4 y 15 diámetros de espesor.²⁶

1.6.1.3.9 Estado del arte

En el 2011 en la universidad EAFIT de Medellín se realizó un trabajo de grado, el cual consistía realizar un software de optimización de muros de contención en voladizo, basados en algoritmos genéticos, combinando la economía y la eficiencia a la hora de la construcción de la estructura de contención. Actualmente es común que la solución estructural de la estabilidad de taludes, por medio de muros de contención en voladizo, se realice mediante análisis de diferentes alternativas de solución hasta encontrar una que satisfaga las condiciones de esfuerzos y casi nunca este proceso obedece a un diseño y mucho menos a el diseño adecuado desde el punto de vista estructural y de costo.

El software comercial que se encuentra comúnmente en el mercado sólo realiza el diseño estructural después de encontrar un pre-dimensionamiento que satisfaga los requerimientos de estabilidad global del sistema, pero las dimensiones encontradas pudieran ajustarse de tal forma que el costo de construcción se minimice sin afectar la estabilidad de la estructura. El software presentaba algunas limitaciones como,

²⁶ **Callejas Quezada, Francisco Israel.** Procedimiento constructivo de muro pantalla (tesis). *Procedimiento constructivo de muro pantalla (tesis)*. México D.F., México : Universidad Nacional Autónoma de México, 2011

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

por ejemplo: solo podía trabajar con suelos de relleno granular y homogéneo, no se tenía en cuenta el nivel freático ni las cargas que producía el agua en el muro.²⁷


1.6.2 Marco conceptual

Durante el desarrollo del presente proyecto de investigación, se deberán tener en cuenta las siguientes definiciones y conceptos:

- **Carga:** Son fuerzas u otras sollicitaciones que actúan sobre un sistema estructural y provienen del peso de todos los elementos permanentes en la construcción, efectos ambientales, asentamientos diferenciales y restricción de cambios dimensionales. Las cargas permanentes son cargas que varían muy poco con el tiempo y de pequeña magnitud. Todas las otras cargas son variables.
- **Carga nominal:** Son las cuales no han sido multiplicadas por el coeficiente de carga
- **Concreto reforzado:** Concreto estructural con no menos de la cantidad mínima de acero de pre-esforzado o refuerzo no pre-esforzado.
- **Concreto estructural:** Todo concreto utilizado con propósitos estructurales incluyendo concreto simple y reforzado.
- **Diseño:** Dimensionamiento y detallado de los elementos y conexión que permite una respuesta inelástica.²⁸
- **Método de diferencias finitas:** Método de análisis en el cual la ecuación diferencial que gobierna se satisface en puntos discretos de la estructura.
- **Método de los elementos finitos:** Método de análisis en el cual la estructura se separa en elementos conectados en nudos, se supone la forma del campo de desplazamientos del elemento, se mantiene compatibilidad parcial o total

²⁷ Alzate Sayago, Andres Felipe y Munera Guerra , Luis Miguel. eafit. eafit. [En línea] 2011. https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/5106/MuneraGuerra_LuisMiguel_2011.pdf?sequence=1.

²⁸ AIS, Asociación colombiana de ingeniería sísmica -. *Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente*. bogotá D.C. : s.n., 2010.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

entre la interface de los elementos, y los desplazamientos nodales se determinan usando métodos de principios de energía o de equilibrio.

- **Muro:** Elemento, generalmente vertical, empleado para encerrar o separar espacios.
- **Rigidez:** Fuerza resultante de una deformación unitaria.²⁹

1.6.3 Marco legal

El presente proyecto se realizará bajo las recomendaciones de la normatividad vigente; razón por la cual, se utilizará la norma colombiana de diseño de puentes - LRFD (CCP-14). A continuación, se indican las recomendaciones que se tendrán en cuenta para desarrollar el software.

Artículo 3.11 — PRESIÓN DEL SUELO: EH, ES, LS y DD

3.11.1 — General — Los muros que puedan tolerar poco o ningún movimiento, se deberían diseñar para una presión de tierra en reposo. Los muros que pueden alejarse de la masa del suelo se deberían diseñar para presiones entre la condición activa y la condición en reposo, dependiendo de la magnitud de los movimientos tolerables. El movimiento requerido para alcanzar la presión activa mínima o la máxima presión pasiva es función de la altura del muro y del tipo de suelo.³⁰

Artículo 3.11.5 - Presión del suelo EH:

3.11.5.1 – Presión lateral del suelo – Debe suponerse que la presión lateral del suelo es linealmente proporcional a la profundidad del suelo y se calcula como


$$p = k_y s z$$

Dónde:

p = presión lateral del suelo (kPa)

²⁹ AIS, Asociación de ingeniería sísmica-. Norma Colombiana de puentes LFRD-CCP 14. Bogotá: s.n., 2014.

³⁰ Ibid.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en Voladizo de Concreto Reforzado, de acuerdo con la Norma Colombiana de Puentes – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	--

K = coeficiente de presión lateral del suelo tomado como K_0 , especificado en el Artículo 3.11.5.2, para muros que no se deflecten ni se muevan; k_a , especificado en los Artículos 3.11.5.3, 3.11.5.6 y 3.11.5.7, para muros que se deflecten o se muevan suficientemente para alcanzar condiciones activas mínimas; o k_p , especificado en el Artículo 3.11.5.4, para muros que se deflecten o se muevan suficientemente para alcanzar una condición pasiva

γ = peso unitario del suelo (kN/m^3)

z = profundidad del suelo bajo la superficie (mm)

La carga lateral resultante de suelo debida al peso del relleno debe suponerse que actúa a una altura de $H/3$ por encima de la base del muro, donde H es la altura total del muro, medida desde la superficie del terreno detrás del muro a la parte superior de la cimentación o a la parte superior de la carpeta de nivelación [leveling pad] (para Estructuras de tierra armada).³¹

3.11.5.2 2 — Coeficiente de presión lateral de suelo en reposo, K_0 — Para suelos normalmente consolidados, muros verticales y terreno nivelado, el coeficiente de empuje lateral en reposo se puede tomar como:

$$k_0 = 1 - \text{seno} \phi'f$$

Dónde:

$\phi'f$ = ángulo de fricción efectiva del suelo

k_0 = coeficiente de presión lateral de suelo en reposo


Para suelos sobre-consolidados, se puede suponer que el coeficiente de presión lateral de suelo en reposo varía en función de la tasa de sobre-consolidación o historia de tensiones, y puede calcularse como:

$$K_0 = (1 - \text{seno} \phi'f) \left(\frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \right)^{\text{seno} \phi'f}$$

Dónde:

OCR =relación de sobre-consolidación

³¹ AIS, Asociación de ingeniería sísmica-. Norma Colombiana de puentes LFRD-CCP 14. Bogotá: s.n., 2014.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

Para muros típicos en voladizo de más de 1.5 m de altura con lleno estructural, los cálculos indican que el movimiento horizontal de la parte superior del muro, debido a la combinación de la deformación estructural del alma y la rotación de la cimentación, es suficiente para desarrollar condiciones activas.³²

3.11.5.3 — Coeficiente de presión lateral activa de suelo, — Los valores de k_a se basan en las teorías de Coulomb sobre presiones del suelo. La teoría de Coulomb es necesaria para diseñar muros de contención para los cuales la cara trasera del muro interfiere con el desarrollo de las superficies completas de deslizamiento en el suelo del relleno supuestas en la teoría de.

Se pueden usar cualquiera de las teorías de cuña de Coulomb o Rankine para los muros de contención de talón largo. En general, la teoría de la cuña de Coulomb es aplicable a muros de gravedad, de semi-gravedad y modulares prefabricados con caras traseras relativamente empinadas, y a muros de concreto en voladizo con talones cortos.

Para los muros en voladizo, la presión del suelo se aplica en un plano que se extiende verticalmente desde el nivel del talón de la base del muro, y el peso del suelo a la izquierda del plano vertical se considera parte del peso del muro.³³


3.11.5.6 — Presiones laterales de suelo para muros en voladizo que no son de gravedad — Los muros en voladizo que no son de gravedad y que temporalmente soporten o sean soportados por suelos cohesivos están sujetos a deformación lateral excesiva si la resistencia a cortante no drenada es baja en comparación con las tensiones de cortante.

Por lo tanto, se debería limitar el uso de estos muros a suelos de resistencia adecuada como se representa con el número N_s . Los movimientos de la base en el suelo en frente del muro se tornan significativos para valores de N_s , de cerca de 3 a 4, y puede ocurrir una falla en la base cuando N_s , exceda alrededor de 5 a 6m.³⁴

³² AIS, Asociación de ingeniería sísmica-. Norma Colombiana de puentes LFRD-CCP 14. Bogotá: s.n., 2014.

³³ Ibid.


³⁴ Ibid.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

Artículo 11.8- Muros en voladizo

La factibilidad de usar un muro en voladizo en una ubicación determinada se debe basar en las condiciones del suelo y la roca dentro de la profundidad embebida del elemento vertical que debe soportar el muro, en este artículo se menciona todos los requerimientos que se deben tener en cuenta para el diseño de muros en voladizo.³⁵

³⁵ **AIS, Asociación de ingeniería sísmica-. Norma Colombiana de puentes LFRD-CCP 14.** Bogotá: s.n., 2014.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en voladizo de concreto reforzado, de acuerdo con la Norma Colombiana de Puentes – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

1.7 METODOLOGÍA


Para la ejecución del anteproyecto, se deben seguir los parámetros definidos en cada una de las fases metodológicas desarrolladas a continuación:

1.7.1 Tipo de Estudio

El programa desarrollado servirá para que realice un estudio analítico de los diferentes muros que serán diseñados en este, mediante los datos o variables que se le proporcionara al programa pueda realizar el análisis según la Norma Colombiana de Puentes LRFD – CCP-14 teniendo en cuenta todas sus indicaciones.

1.7.2 Fuentes de Información

La principal fuente de información es la Norma Colombiana de Puentes LRFD -CCP-14 ya que el programa sigue los criterios e indicaciones que allí se establecen para el diseño de muros en voladizo, las otras fuentes de información son libros y artículos en los cuales se mencione como se diseñan muros en voladizo.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

2 COMPORTAMIENTO DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN

Un muro de retención es una estructura que se usa con el fin de contener, retener y aislar lateralmente el suelo o el material que se encuentre. Este material suelto que está suspendido contra el muro genera unas presiones laterales las cuales puede hacer que sufra volcamiento o deslizamiento.

2.1 PRESIONES LATERALES SOBRE MUROS


Las presiones reales que están implícitas en un muro de contención son muy difíciles de estimar, ya que son un gran número de variantes o situaciones presentes en estos muros, para este problema se analiza un grupo limitado de casos posibles de las fuerzas laterales aplicadas a los muros de retención. Dependiendo del material que se encuentra contra el muro pueden existir algunas fuerzas como, el agua el cual ejerce una presión hidrostática la cual se calcula $p = wh$, en donde w es el peso unitario del agua y h la distancia vertical de la superficie del agua al punto considerado. En cambio, si el muro se construye contra un material de roca solida este no ejerce ninguna presión al muro.

Si el muro se construye para retener un suelo este puede tener un comportamiento tanto como la roca o como del agua dependiendo de la profundidad, entre más profundidad el suelo ejercerá mayor presión al muro y se poder estimar con esta expresión para todas las profundidades.

Ecuación 1. Presión

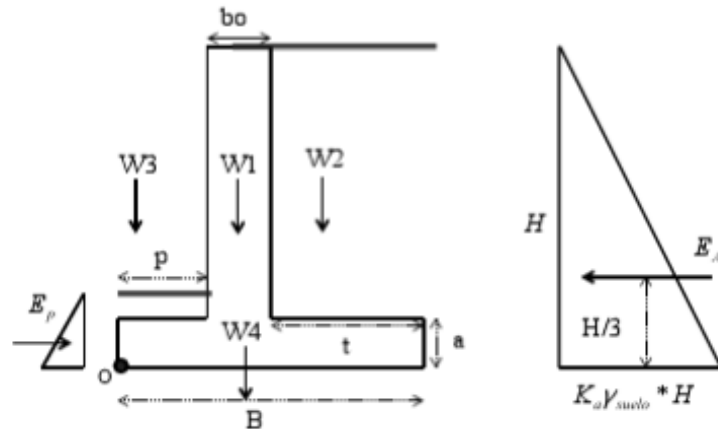
$$p = Cwh$$

Donde w es el peso específico del suelo, h es la distancia de la superficie al punto en consideración y C es una constante, la cual depende del tipo de suelo. Para

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

suelos granulares la constante C varía entre 0,3 y 0,4, para suelos arcillosos varía entre 0,9 a 1.³⁶

Figura 6. Fuerzas actuantes en un muro en voladizo



Fuente: Montoya Vallecilla, Jorge Olmedo. Diseño de estructuras de concreto reforzado I: Un enfoque básico. Ibagué: Universidad de Ibagué, 2015.

2.2 DISEÑO SÍSMICO DE MUROS DE CONTENCIÓN


Los muros contienen comportamientos de acuerdo con las estructuras de contención que se considera un problema geotécnico, debido a la intensa actividad sísmica que se tenga en el sitio ubicado. La falla de estas estructuras puede causar grandes daños en caminos, presas, industrias, etc., poniendo en riesgo vidas humanas, así como graves problemas económicos, sociales y ambientales.

Se pueden obtener dos comportamientos a medida de su proceso de resistencia:

- Comportamiento Estático
- Comportamiento Dinámico ³⁷

³⁶ McCormac, Jack y Brown, Russell. *Diseño de concreto reforzado*. México D.F. : Alfaomega, 2011.

³⁷ Romanel y bustamante. Estudio del comportamiento de un muro de gravedad sometido a cargas originadas por un sismo en peru. [En línea] 2011. <http://geoserver.ing.puc.cl/info/conferences/PanAm2011/panam2011/pdfs/GEO11Paper771.pdf>.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

2.2.1 Comportamiento Estático:

Los métodos de equilibrio límite son bastante aplicados en el análisis del comportamiento estático de las estructuras de contención, taludes de suelo, capacidad de carga de fundaciones, etc., en parte debido a la simplicidad matemática de la formulación y también por la larga y continua experiencia en el uso de los métodos de equilibrio límite en proyectos de estructuras geotécnicas.³⁸


2.2.2 Comportamiento Dinámico:

La respuesta dinámica de las estructuras de contención es compleja. Valores de desplazamiento y de tensiones dependen del comportamiento del terreno, del suelo de fundación, de la inercia y la rigidez de la estructura, de las características del registro sísmico, etc.

Las soluciones para el problema del comportamiento dinámico de las estructuras de contención pueden ser clasificadas en tres grandes categorías, dependiendo de la magnitud anticipada del movimiento de la estructura: métodos rígido-plásticos, elásticos y elasto-plásticos. El empleo de métodos elásticos presupone que ocurren pequeños movimientos, en tanto que la utilización de métodos rígido-plásticos (equilibrio límite) asume que estos movimientos son bastantes significativos. En el caso de movimientos moderados, formulaciones elasto-plásticas, utilizadas en conjunto con el método de elementos finitos, pueden ser empleadas para obtener soluciones aproximadas del problema.³⁹

³⁸ **Romanel y bustamante.** Estudio del comportamiento de un muro de gravedad sometido a cargas originadas por un sismo en peru. [En línea] 2011.
<http://geoserver.ing.puc.cl/info/conferences/PanAm2011/panam2011/pdfs/GEO11Paper771.pdf>.

³⁹ **Romanel y bustamante.** Estudio del comportamiento de un muro de gravedad sometido a cargas originadas por un sismo en peru. [En línea] 2011.
<http://geoserver.ing.puc.cl/info/conferences/PanAm2011/panam2011/pdfs/GEO11Paper771.pdf>.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

2.2.3 Efectos Sísmicos

Los efectos Sísmicos se dan bajo condiciones de las estructuras de contención que están sometidas a fuerzas relacionadas con la masa del muro, el empuje del suelo y fuerzas externas como lo pueden ser los tirantes o rellenos en el nivel del muro.

El diseño de una estructura de contención debe establecer un equilibrio entre las fuerzas, logrando que los esfuerzos no se aproximen demasiado a los valores de resistencia al corte que es lo que soporta el elemento con el suelo.


Para el diseño se debe prever que, en un sismo, las fuerzas inerciales y los cambios en la resistencia de los suelos pueden afectar el equilibrio del muro y producir deformaciones excesivas y permanentes en el cuerpo y en la cimentación del muro, dando lugar a las fallas por asentamiento, deslizamiento o volcamiento.

El comportamiento de un muro de contención o estabilización durante un evento sísmico dependerá de la presión lateral total que el suelo le proporciona al muro durante el movimiento o vibración provocados por el sismo. Esta presión incluye tanto la presión gravitacional estática que existe antes de que el sismo ocurra, como la presión dinámica inducida por el sismo.⁴⁰

2.2.4 Teoría de Coulomb (1776)

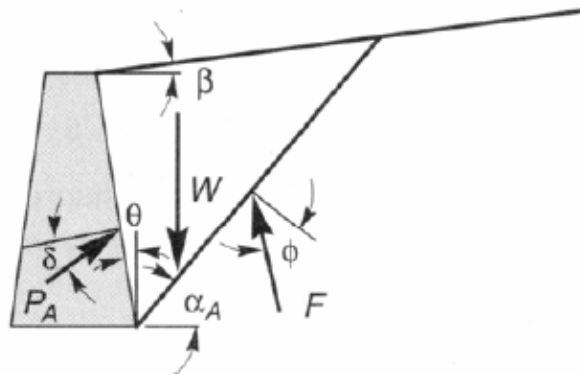
Coulomb fue el primero en estudiar las presiones laterales del suelo sobre el muro de contención, en donde asumió que las fuerzas que actúan sobre el muro es el resultado de la cuña de suelo sobre la superficie plana de falla. Coulomb analizó el equilibrio de fuerzas para condiciones de empuje activo mínimo y pasivo máximo, para poder hallar la magnitud del empuje del suelo que actúa en el muro. Esta teoría

⁴⁰ **Gómez, Herney Gustavo.** Metodología de diseño y cálculo estructural para muros de contención con contrafuertes en el trasdos, basados en un programa de cómputo . [En línea] 2013. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/53/1/METODOLOGIA%20DE%20DISEÑO%20Y%20CÁLCULO%20ESTRUCTURAL%20PARA%20MUROS%20DE%20CONTENCION%20CON%20CONTRAFUERTE-%20PROGRAMA%20.pdf>.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

muestra que la distribución de la presión activa es de forma triangular para rellenos con pendiente lineal y actúa en un punto ubicado a $H/3$ de la altura del muro H .⁴¹

Figura 7. Cuña activa triangular



Fuente: Valenzuela, Juan. Diseño sísmico de muros de estructuras. *Diseño sísmico de muros de contención- apuntes de clase.*


2.2.5 Método de Mononobe-Okabe

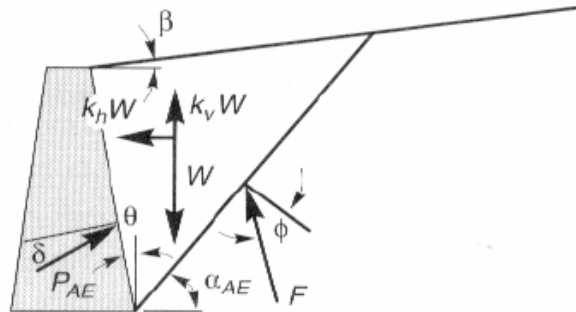
Mononobe y Okabe desarrollaron un método el cual evalúa las presiones sísmicas en los muros, este método considera que las presiones pseudo-estáticas se aplican a la cuña activa de Coulomb en donde actúa a una distancia de $H/3$ de la altura del muro en condiciones estáticas, en condiciones dinámicas el punto en donde actúan las cargas puede ser superior. Seed y Whitman consideraron que el punto donde actúan las cargas dinámicas es a una distancia de $0,6H$.⁴²

Figura 8. Cuña activa en el análisis de Mononobe-Okabe

⁴¹ **Valenzuela, Juan.** Diseño sísmico de muros de estructuras. *Diseño sísmico de muros de contención- apuntes de clase.*

⁴² **Ibid.**

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LFRD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	--



Fuente: Valenzuela, Juan. Diseño sísmico de muros de estructuras. *Diseño sísmico de muros de contención- apuntes de clase.*

2.2.6 Cargas

Cargas muertas: DC, EV- La carga muerta incluye todos los pesos de los componentes que se encuentran en el muro y sus recubrimientos.

DC: Peso propio de los componentes estructurales y de los accesorios no estructurales.

EV: Presión vertical del peso propio del suelo de relleno.

A falta de información precisa se puede utilizar los pesos unitarios del material para hallar la carga muerta.⁴³

⁴³ AIS, Asociación de ingeniería sísmica-. Norma Colombiana de puentes LFRD-CCP 14. Bogotá : s.n., 2014.


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

Tabla 1. Pesos unitarios


Material		Peso Unitario (kN/m ³)
Aleaciones de Aluminio		28
Pavimentos Bituminosos		22,5
Hierro fundido		72
Relleno de ceniza		9,6
Arena, Limo o Arcilla Compactadas		19,25
Concreto simple	Liviano	17,75
	De Arena Liviana	19,25
	Normal con $f'_c \leq 35$ MPa	23,2
	Normal con $35 < f'_c \leq 105$ MPa	$22,4 + 0,0229 f'_c$
Arena, Limo o Grava Sueltas		16
Arcilla Blanda		16
Grava Compactada, Macadam, o Cascajo		22,5
Acero		78,5
Mampostería de Piedra		27,25
Madera	Dura	9,6
	Blanda	8
Agua	Dulce	1
	Salada	10,25
Item		Peso por unidad de longitud (kN/m)
Sistemas de rieles, Traviesas, y fijaciones por cada Riel		3

Fuente: **AIS, Asociación de ingeniería sísmica**- Norma Colombiana de puentes LFRD-CCP 14. Bogotá: s.n., 2014.

Carga de suelo: EH, ES- La presión del suelo se debe evaluar en función de:

- Tipo y peso unitario del suelo
- Contenido de humedad
- Características de fluencia lenta del suelo
- Grado de compactación
- Localización del nivel freático
- Interacción entre el suelo y la estructura
- Cantidad de sobrecarga
- Efectos sísmicos
- Angulo de pendiente
- Inclinación del muro

Para el suelo de relleno no se debe usar limo y arcilla magra sin hacer un procedimiento adecuado, donde se especifique en los documentos de construcción

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	---

su presencia para tomar los controles adecuados. Por ningún motivo se debe usar para el suelo de relleno arcilla de alta plasticidad.⁴⁴

EH: Presión lateral del suelo.

La presión del suelo es linealmente proporcional a la profundidad del suelo y se calcula:

Ecuación 2. Presión lateral del suelo

$$p = k\gamma_s z$$

Dónde:

p = Presión lateral del suelo (kpa)

k = Coeficiente lateral del suelo, el cual se puede tomar como, k_o para muros que no se deflecten ni se mueven, k_a para muros que se deflecten y se muevan lo suficiente para alcanzar condiciones activas mínimas y k_p para muros que se deflecten y se muevan alcanzando la condición pasiva.

γ_s = Peso unitario del suelo (kN/m^3)

z = Profundidad del suelo bajo la superficie (mm)⁴⁵

Coeficiente de presión lateral del suelo en reposo (k_o)

Para suelos normalmente consolidados y terreno nivelado se calcula de la siguiente manera:


Ecuación 3. Coeficiente de presión lateral del suelo en reposo

$$k_o = 1 - \text{seno } \Phi'_f$$

Dónde:

⁴⁴ AIS, Asociación de ingeniería sísmica-. Norma Colombiana de puentes LFRD-CCP 14. Bogotá : s.n., 2014.

⁴⁵ Ibid.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LFRD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	--

Φ'_f = Angulo de fricción efectiva del suelo

k_o = Coeficiente de presión lateral del suelo en reposo

Para suelos sobre-consolidados se calcula de la siguiente manera:

$$k_o = (1 - \text{seno } \Phi'_f)(OCR^{\text{seno } \Phi'_f})$$

Dónde:

OCR = Relación de sobre-consolidación⁴⁶

Coeficiente de presión lateral activa del suelo (k_a)

Para los muros en voladizo se aplica en un plano el cual está comprendido desde la base del talón hasta la superficie verticalmente y el peso del relleno en la parte izquierda del plano vertical, el coeficiente se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 4. Coeficiente de presión lateral activa del suelo

$$k_a = \frac{\text{seno}^2(\theta + \Phi'_f)}{\Gamma(\text{seno}^2\theta \text{seno}(\theta - \delta))}$$


Dónde:

$$\Gamma = \left[1 + \sqrt{\frac{\text{seno}(\Phi'_f + \delta)\text{seno}(\Phi'_f - \beta)}{\text{seno}(\theta - \delta)\text{seno}(\theta + \beta)}} \right]^2$$

δ = Angulo de fricción entre el muro y el relleno (°)

β = Angulo de relleno con respecto a la horizontal (°)

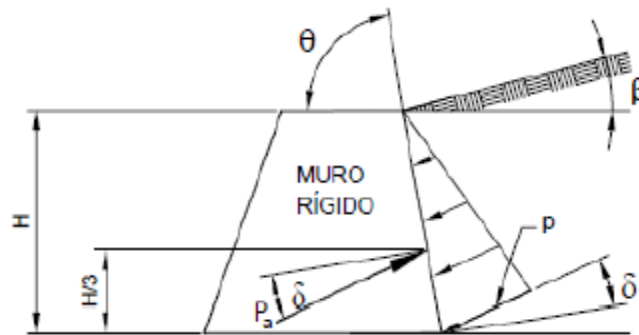
⁴⁶ **AIS, Asociación de ingeniería sísmica-**. Norma Colombiana de puentes LFRD-CCP 14. Bogotá : s.n., 2014.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	--

θ = Angulo de la cara trasera del muro con respecto a la horizontal (°)

ϕ'_f = Angulo efectivo de fricción interna (°)

Figura 9. Nomenclatura para la presión activa



Fuente: **AIS, Asociación de ingeniería sísmica-** Norma Colombiana de Puentes LRFD - CCP 14. Bogotá: s.n., 2014.

Para hallar los valores de δ se utiliza una tabla según la norma CCP-14, que de acuerdo con el marial se obtendrá el valor de esta variable. El ángulo de fricción entre el muro y el relleno se saca de la siguiente tabla:⁴⁷

⁴⁷ **AIS, Asociación de ingeniería sísmica-** Norma Colombiana de puentes LFRD-CCP 14. Bogotá : s.n., 2014.



 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

Tabla 2. Angulo de Fricción entre diferentes materiales

Materiales de Interfaz	Ángulo de Fricción, δ (grados)	Coeficiente de Fricción, $\tan \delta$ (adimensional)
Concreto masivo sobre los siguientes materiales de cimentación: <ul style="list-style-type: none"> • Roca intacta limpia • Grava limpia, mezclas de grava y arena, arena gruesa • Arena de fina a media, arena limosa media a gruesa, grava limosa o arcillosa • Arena fina limpia, arena limosa, o arcilla fina a media • Limo fino arenoso, limo no plástico • Arcilla residual o preconsolidada muy rígida y dura • Arcilla rígida media y rígida y arcilla limosa La mampostería sobre materiales de cimentación tiene los mismos factores.	35 29 a 31 24 a 29 19 a 24 17 a 19 22 a 26 17 a 19	0.70 0.55 a 0.60 0.45 a 0.55 0.34 a 0.45 0.31 a 0.34 0.40 a 0.49 0.31 a 0.34
Tablestacado de acero contra los siguientes suelos: <ul style="list-style-type: none"> • Grava limpia, mezclas de grava y arena, relleno de roca bien gradado con astillas • Arena limpia, mezclas de grava y arena limosa, relleno de roca dura de un solo tamaño • Arena limosa, grava o arena mezclada con limo o arcilla • Limo fino arenoso, limo no plástico 	22 17 14 11	0.40 0.31 0.25 0.19
Concreto vaciado o prefabricado o tablestacado de concreto contra los siguientes suelos: <ul style="list-style-type: none"> • Grava limpia, mezclas de grava y arena, lleno de roca bien gradada con astillas • Arena limpia, mezclas grava y arena limosa, relleno de roca dura de un solo tamaño • Arena limosa, grava o arena mezclada con limo o arcilla • Limo fino arenoso, limo no plástico 	22 a 26 17 a 22 17 14	0.40 a 0.49 0.31 a 0.40 0.31 0.25
Varios materiales estructurales: <ul style="list-style-type: none"> • Mampostería sobre mampostería, rocas ígneas y metamórficas: <ul style="list-style-type: none"> ○ Roca blanda sobre roca dura ○ Roca dura sobre roca blanda ○ Roca dura sobre roca dura • Mampostería sobre madera en la dirección perpendicular a la fibra • Acero sobre acero en las trabas del tablestacado 	35 33 29 26 17	0.70 0.65 0.55 0.49 0.31

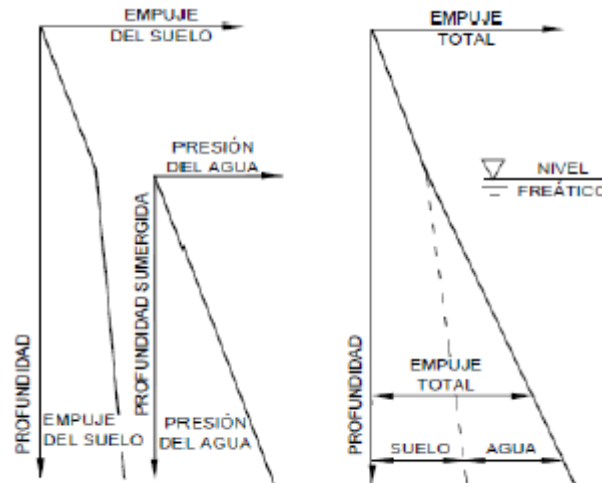
Fuente: **AIS, Asociación de ingeniería sísmica-** Norma Colombiana de Puentes LRFD - CCP 14. Bogotá: s.n., 2014.

Presencia de agua: Cuando se empoza el agua detrás del muro y no existe drenaje debe diseñarse el muro para que resista la presión hidrostática del más la presión

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	---------------------------------------

del suelo. Se debe usar los pesos unitarios sumergidos del suelo para determinar la presión lateral de este.⁴⁸

Figura 10. Efecto del agua freática



Fuente: **AIS, Asociación de ingeniería sísmica-** Norma Colombiana de Puentes LRFD - CCP 14. Bogotá: s.n., 2014.

2.2.7 Combinaciones y factores de carga

Los factores de carga se utilizan para producir un efecto mayorado, el cual en el estudio de las combinaciones de carga que se realicen establezca los efectos del componente que se esté diseñando, este análisis se realiza a partir de las combinaciones que se le aplican al elemento a diseñar y se escoge el más crítico entre todas las combinaciones para su diseño. Las combinaciones existentes y sus factores se realizan según la siguiente tabla de la norma CCP-14:

⁴⁸ **AIS, Asociación de ingeniería sísmica-** Norma Colombiana de puentes LRFD-CCP 14. Bogotá : s.n., 2014.


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

Tabla 3. Combinaciones y factores de carga

Combinaciones y Factores de Carga

Estado Límite de la Combinación de carga	DC DD DW EH EV ES EL PS CR SH	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU	TG	SE	Use uno de estos a la vez				
										EQ	BL	IC	CT	CV
Resistencia I (a menos que se indique)	γ_p	1.75	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia II	γ_p	1.35	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia III	γ_p	-	1.00	1.40 0	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia IV	γ_p	-	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	-	-	-	-	-	-	-
Resistencia V	γ_p	1.35	1.00	0.40 0	1.0	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Evento Extremo I	γ_p	γ_{EQ}	1.00	-	-	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-	-
Evento Extremo II	γ_p	0.50	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00
Servicio I	1.00	1.00	1.00	0.30 0	1.0	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Servicio II	1.00	1.30	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	-	-	-	-	-	-	-
Servicio III	1.00	0.80	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Servicio IV	1.00	-	1.00	0.70 0	-	1.00	1.00/1.20	-	1.0	-	-	-	-	-
Fatiga I- Sólo LL, IM & CE	-	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fatiga II- Sólo LL, IM & CE	-	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: AIS, Asociación de ingeniería sísmica-. Norma Colombiana de Puentes LRFD - CCP 14. Bogotá: s.n., 2014.


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

Tabla 4. Factores para cargas permanentes

— Factores para cargas permanentes, γ_p


Tipo de Carga, tipo de Cimentación, y Método para Calcular la fricción negativa		Factor de Carga	
		Máximo	Mínimo
DC : Componentes y Accesorios		1.25	0.90
DC : Sólo Resistencia IV		1.50	0.90
DD : Fricción negativa	Pilas, Método α Tomlinson	1.4	0.25
	Pilas, Método λ	1.05	0.30
	Pozos perforados, Método O'Neill and Reese (1999)	1.25	0.35
DW : Superficie de rodadura e instalaciones		1.50	0.65
EH : Presión horizontal de suelo			
• Activa		1.50	0.90
• En reposo		1.35	0.90
• AEP para muros anclados		1.35	N/A
EL : Tensiones residuales de Construcción		1.00	1.00
EV : Presión vertical de suelo			
• Estabilidad general		1.00	N/A
• Muros de Contención y Estribos		1.35	1.00
• Estructuras Rígidas Enterradas		1.30	0.90
• Marcos Rígidos		1.35	0.90
• Estructuras Flexibles Enterradas			
o Alcantarillas Metálicas y Alcantarillas Armadas Estructurales Corrugadas Profundas		1.5	0.9
o Alcantarillas Termoplásticas		1.3	0.9
o Todas las demás		1.95	0.9
ES : Sobrecarga de suelo		1.50	0.75

Fuente: AIS, Asociación de ingeniería sísmica-. Norma Colombiana de Puentes LRFD - CCP 14. Bogotá: s.n., 2014.

2.2.8 Estabilidad de muros de contención

El objetivo del diseño es establecer las condiciones del muro para asegurar su estabilidad usando el coeficiente de seguridad para las posibles fallas de acuerdo con los empujes por provocados por la tierra, los muros de contención son diseñados para funcionar de manera gravitacional o de soporte estructural para no tener consecuencias. Las fallas que causan se determinan en:

- Falla por Volcamiento: Esta falla es causada por un empuje mayor que el momento resistente que es obtenido por el peso del muro y del terreno. Este momento de volcamiento hace que gire el muro hacia el exterior entorno a su base.
- Falla de Deslizamiento: Esta falla se produce cuando la fuerza de deslizamiento es mayor que la fuerza de fricción entre el muro y el suelo.
- Falla Estructural: Puede producirse debido a esfuerzos excesivos del material componente del muro, dando lugar a grietas y a desintegración.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

- d) Falla por presión Excesiva sobre el Terreno: Se produce por los asentamientos diferenciales por ser la presión actuante sobre el suelo, mayor a su capacidad de resistencia, lo que causa una reducción del momento resistente.⁴⁹

2.2.9 Asentamientos


El diseño y construcción de la estructura se tiene en cuenta los asentamientos ya que al aumentar la carga que soporta el suelo, transmitida a través de la cimentación de la estructura. La carga es la resultante del peso propio del elemento, la carga muerta y la carga viva relativas al conjunto estructural. Se han establecido las diferencias de los asentamientos del elemento estructural y asentamientos del suelo que lo soporta.⁵⁰

Esta carga será la resultante del peso propio del elemento, la carga muerta y la carga viva relativas al conjunto estructural. Los asentamientos en las obras de contención están necesariamente contemplados, ya que estas están apoyadas en suelos cuyas características de estabilidad y capacidad de soporte de carga, no son obviamente, de seguridad ni tampoco las mejores. Se ha podido establecer diferencias y reconocer los asentamientos del elemento estructural, y los asentamientos del suelo que lo soporta. Estas variaciones en la estructura de un suelo pueden presentarse en tres etapas; durante la construcción del elemento que soportara; después de concluida su construcción y en un corto plazo; y a largo plazo, es decir durante la vida útil del elemento cargado.⁵¹

⁴⁹ **SECCION 20. DISEÑO ESTRUCTURAL DE MUROS DE CONTENCIÓN. SECCION 20. DISEÑO ESTRUCTURAL DE MUROS DE CONTENCIÓN.** [En línea] file:///C:/Users/sala1/Downloads/SECCI%C3%93N%20%20DISE%C3%91O%20ESTRUCTURAL%20DE%20MUROS%20DE%20CONTENCIÓN.pdf.

⁵⁰ **Gómez, Herney Gustavo.** Metodología de diseño y cálculo estructural para muros de contención con contrafuertes en el trasdos, basados en un programa de cómputo . [En línea] 2013. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/53/1/METODOLOGIA%20DE%20DISEÑO%20Y%20CÁLCULO%20ESTRUCTURAL%20PARA%20MUROS%20DE%20CONTENCIÓN%20CON%20CONTRAFUERTES-%20PROGRAMA%20.pdf>.

⁵¹ **Ibid.**

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

Ecuación 5. Asentamientos.

$$\delta_{total} = \delta_e + \delta_p + \delta_s$$

Dónde:

δ_e = Asociada a la respuesta inmediata del suelo asentamiento elástico.

δ_p = Asociada a el fenómeno de consolidación (primaria) del suelo.

δ_s = Asociada al fenómeno de consolidación secundaria del suelo y la reptación de este.

Ecuación 6. Asentamientos

$$\delta = Mz * \Delta\sigma_z * H$$

H= Espesor del estrato en estudio

Mz= Módulo de deformación del estrato en el estudio

$$\Delta\sigma_z = I_{ji} * q_a$$


q_a = El esfuerzo de contacto promedio

I_{ji} = El valor de influencia

2.2.10 Seguridad al volcamiento:

Este efecto de empuje del suelo de relleno provoca un momento cuyo valor es proporcional a la altura del muro y el inverso del ángulo de fricción. Para el cumplimiento de los factores de seguridad al volcamiento, se analiza la parte de la capacidad admisible de carga donde estará apoyado el elemento de contención. Tanto el muro y el suelo deben tener un peso en el cual el peso total debe ser menor a la capacidad de carga del suelo.⁵²

⁵² **Gómez, Herney Gustavo.** Metodología de diseño y cálculo estructural para muros de contención con contrafuertes en el trasdos, basados en un programa de cómputo . [En línea] 2013.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

Ecuación 7. Factor de seguridad volcamiento

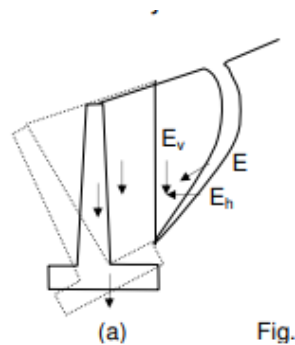
$$Fsv = \frac{Me}{Mv} \geq 1.5$$

Fsv= Factor de seguridad al volcamiento

Me= Momentos Estabilizantes

Mv=Momentos de Volcamiento

Figura 11 Muro de Contención en Volcamiento




Fuente: Ordoñez, Alberto. Muros de Contención. Muros de Contención. [En línea]
<http://tarwi.lamolina.edu.pe/~tvelasquez/MUROS.pdf>.

2.2.11 Deslizamiento

El deslizamiento es la falla producida por el conjunto de muro y suelo en contención como consecuencia es el valor superior de la fuerza de fricción del suelo y la base del muro aportan. El valor de la fuerza de fricción es muy importante en el diseño del muro ya que esta fuerza junto con el empuje pasivo, determinan el valor del factor de seguridad al deslizamiento.⁵³

<https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/53/1/METODOLOGIA%20DE%20DISEÑO%20Y%20CÁLCULO%20ESTRUCTURAL%20PARA%20MUROS%20DE%20CONTENCION%20CON%20CONTRAFUERTE-%20PROGRAMA%20.pdf>.

⁵³ **Gómez, Herney Gustavo.** Metodología de diseño y cálculo estructural para muros de contención con contrafuertes en el trasdos, basados en un programa de cómputo . [En línea] 2013.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	---

Ecuación 8. Factor de seguridad deslizamiento

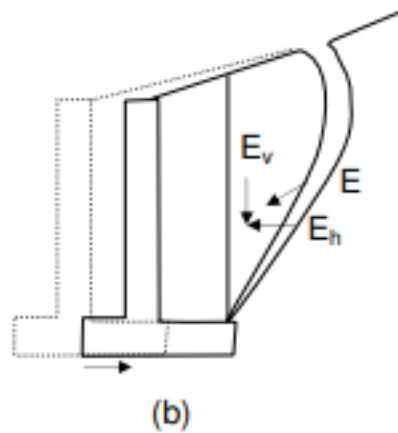
$$Fsd = \frac{Fr}{Eh} \geq 1.5$$

Fsd= Factor de seguridad de deslizamiento.

Fr= Fuerza de roce.


Eh= Componente horizontal del empuje

Figura 12 Muro de contención en deslizamiento



Fuente: **Ordoñez, Alberto. Muros de Contención. Muros de Contención. [En línea]**
<http://tarwi.lamolina.edu.pe/~tvelasquez/MUROS.pdf>.

<https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/53/1/METODOLOGIA%20DE%20DISEÑO%20Y%20CÁLCULO%20ESTRUCTURAL%20PARA%20MUROS%20DE%20CONTENCION%20CON%20CONTRAFUERTE-%20PROGRAMA%20.pdf>

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

3 DESARROLLO DEL PROGRAMA

3.1 SOFTWARE DE MUROS DE CONTENCIÓN:

El Software se realizó con un lenguaje de programación llamado Macros en el cual se utiliza el programa visual basic for applications que es encontrado en el Microsoft Excel ya que su uso se facilita porque se encuentra dentro de los paquetes Microsoft Office lo que hace más práctico y fácil de manejar. Este programa tiene como función realizar cálculos complejos de todo tipo de formularios, nuevos botones para una mejor creación, la facilidad de este software es que la macro puede instalarse con solo copiar el documento, presentación o desde la base de datos.

El programa se inicia con la realización del código del predimensionamiento del muro en voladizo de acuerdo con la altura (H) la cual con cálculos realizados por las siguientes ecuaciones como:

Ecuación 9. Base

$$B = 0,4 * H$$

Ecuación 10 Espesor de la base

$$Ha = \frac{H}{10}$$

Ecuación 11 Punta

$$P = \frac{B}{3}$$

Ecuación 12 Talón

$$T = B - Ha - e1$$

Ecuación 13 Espesor 1

$$e1 = \frac{H}{10}$$

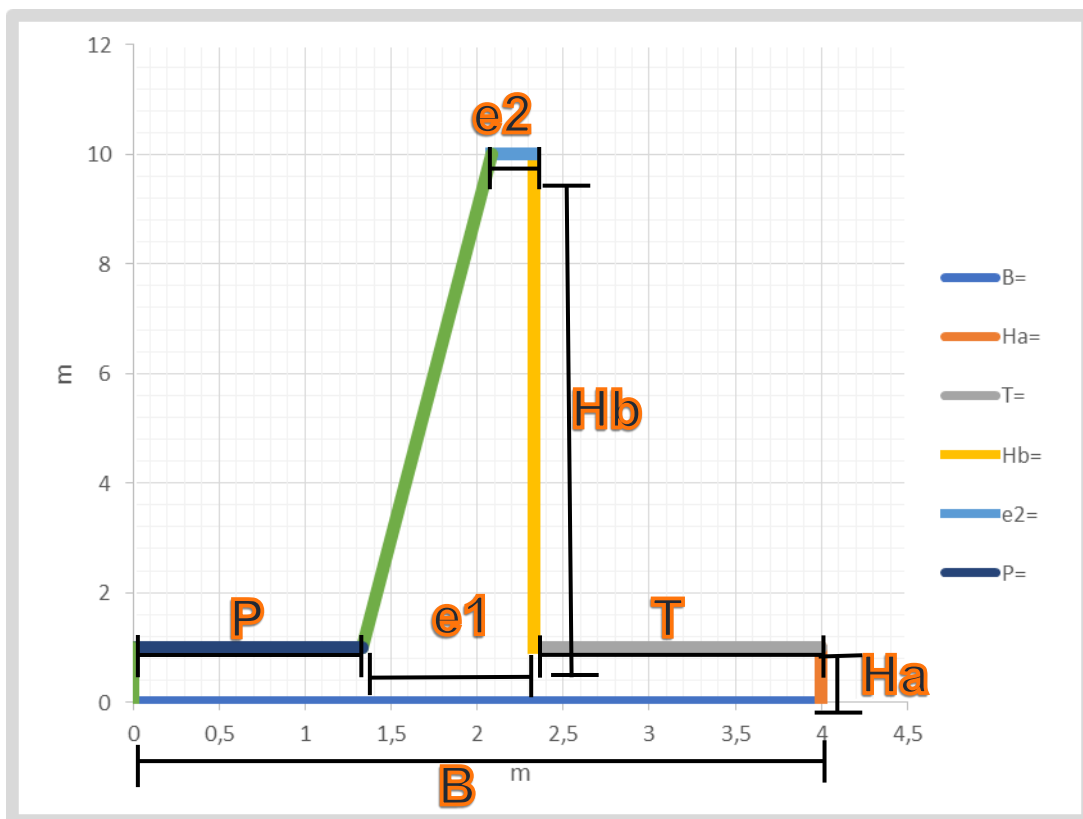
Ecuación 14 Espesor 2

$$e2 = 0.25$$

Ecuación 15 Altura del espaldar

$$Hb = H - Ha$$


Figura 13 Dimensiones



Fuente: **Propia**

Las restricciones para tener en cuenta son:

- 1) La altura del muro tiene que ser menor de 10 m y mayor a 1.5m
Normalmente esta entre ese rango los muros que se vayan a construir muy pocos están más de 10 metros.
- 2) El espesor $e1$ y la Ha tienen un mismo valor

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en voladizo de concreto reforzado, de acuerdo con la Norma Colombiana de Puentes – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	--

- 3) El espesor e_2 tiene que tener un valor de 0.25 la cual normalmente se utiliza con ese espesor

Teniendo el predimensionamiento se ponen los datos requeridos para el desarrollo del programa que son:

- Materiales: Que se dividen en:
 - 1) F'_c se da en MPa
 - 2) F_y se da en MPa
- Suelo: Se dividen en:
 - 1) Φ se da en grados
 - 2) γ gama que se da en KN/m³
 - 3) σ esfuerzo admisible que se da en KN/m²
- El agua: si tiene o no nivel freático

El software da los resultados de cada una de las dimensiones que necesitamos para el dimensionamiento del muro.

Obteniendo sus diferentes dimensiones se analizan sus graficas de carga, cortante, momento y deflexión de acuerdo con el diseño de muro calculado.

3.2 FUERZAS HORIZONTALES

3.2.1 Empuje lateral del suelo (EH):


La presión lateral del suelo es linealmente proporcional a la profundidad del suelo.

⁵⁴

Decimos que W .

$$W = \gamma * H * K_a$$

⁵⁴ AIS, Asociación de ingeniería sísmica-. Norma Colombiana de puentes LFRD-CCP 14. Bogotá : s.n., 2014.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

Se realiza cada uno de estos procesos para tener el empuje horizontal (EH), la carga es el primer paso la cual damos a conocer:

Ecuación 16 Carga

$$q(z) = W - \frac{W}{H}z$$

La cortante es realizada por medio de la doble integración de la carga las cual obtenemos:

Ecuación 17 Cortante

$$V(z) = \frac{W}{2H}z^2 - Wz + \frac{WH}{2}$$

El momento se realiza por medio de la doble integración desde la carga después la cortante la cual obtenemos:

Ecuación 18 Momento

$$M(z) = \frac{W}{6H}z^3 + \frac{W}{2}z^2 + \frac{WH}{2}z - \frac{WH^2}{6}$$

La deflexión es realizada por la integración:

El producto E· I se conoce como la rigidez a flexión.

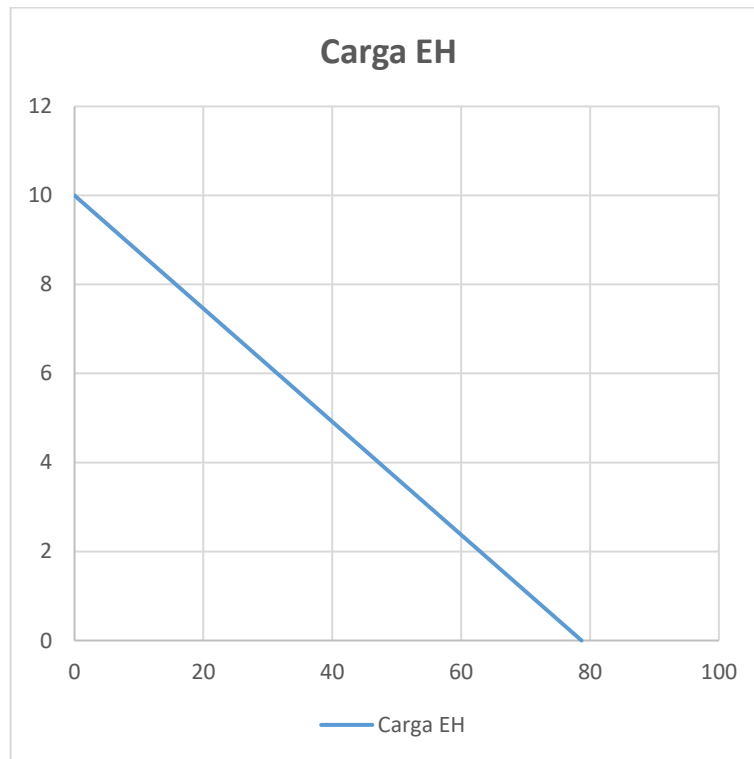
Ecuación 19 Deflexión

$$d(z) = \left(\frac{W}{120}z^5 + \frac{W}{24}z^4 + \frac{WH}{12}z^3 + \frac{WH^2}{12}z^2 \right) \frac{1}{EI}$$

Al identificar estas ecuaciones colocándolas en el visual basic for applications, se observará las gráficas correspondientes para un caso de carga con una altura del muro de 10m:

- En primer lugar, se puede observar la función de carga:

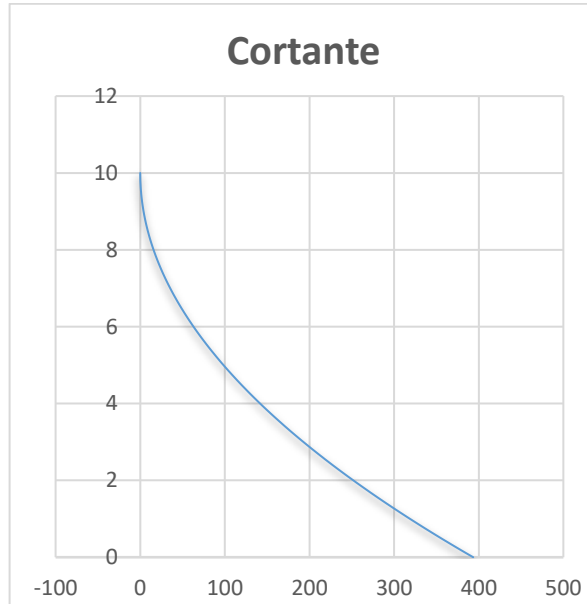
Figura 14 Carga



Fuente: **Propia**

- Para cada caso de carga asociado a una función de carga se puede observar el diagrama de cortante correspondiente:

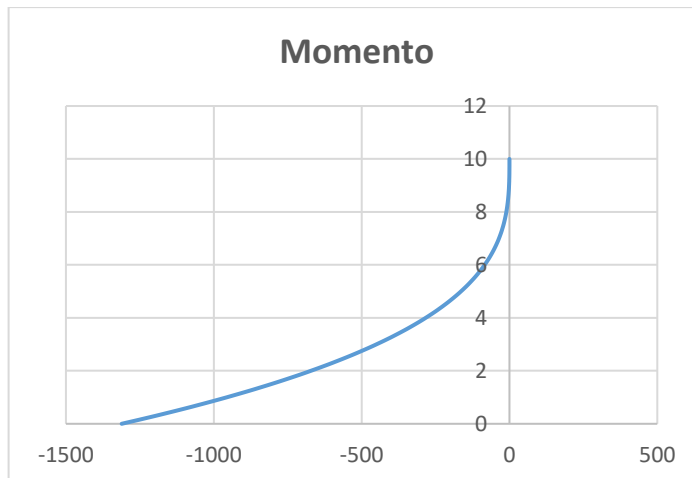
Figura 15 Cortante



Fuente: **Propia**

- Al igual que su respectivo diagrama de momento:

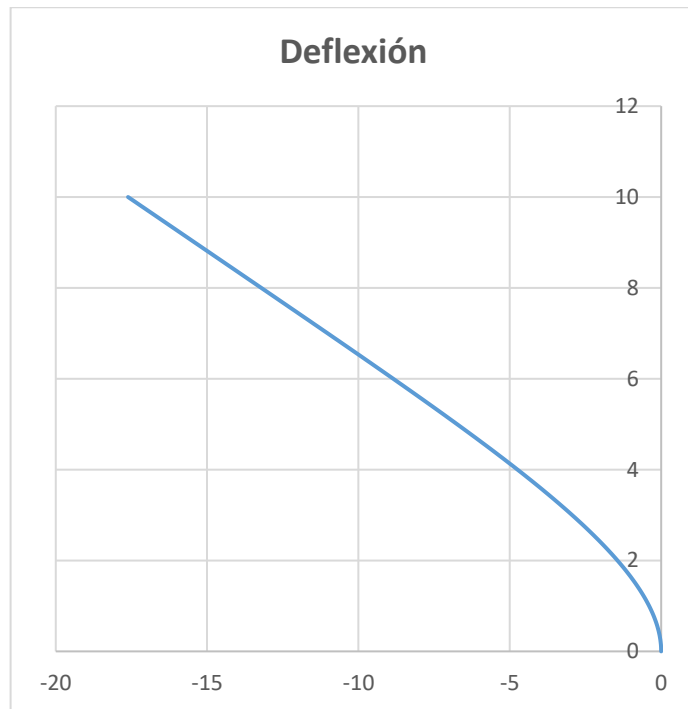
Figura 16 Momento



Fuente: **Propia**

- Así como el diagrama de deformación en función de la altura:

Figura 17 Deflexión




Fuente: Propia

3.2.2 Sobrecarga por carga viva (LS):

Se aplica esta carga de acuerdo con las cargas vehiculares actuando sobre la superficie del relleno en una distancia igual a la mitad de la altura del muro detrás del paramento posterior del muro. ⁵⁵

Decimos que WLs.

⁵⁵ AIS, Asociación de ingeniería sísmica-. Norma Colombiana de puentes LFRD-CCP 14. Bogotá : s.n., 2014.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en voladizo de concreto reforzado, de acuerdo con la norma colombiana de puentes – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

$$WLS = Ka * \gamma * (heq * 10^{-3})$$

Ecuación 20 Carga

$$q(z) = Ka * \gamma * (heq * 10^{-3})$$

Usamos el método de la doble integración:

Ecuación 21 Cortante

$$V(z) = (WLS * H) - (WLS * Z)$$

Integramos la cortante para obtener el momento:

Ecuación 22 Momento


$$M(z) = (WLS * H * Z) - \left(\frac{WLS * Z^2}{2}\right) - \left(\frac{WLS * H^2}{2}\right)$$

Integramos el momento para obtener Giro:

Ecuación 23 Giro

$$\theta(z) = \frac{1}{EI} \left(\left(\frac{WLS * H * Z^2}{2}\right) - \left(\frac{WLS * Z^3}{6}\right) - \left(\frac{WLS * H^2 * Z}{2}\right) \right)$$

Integramos el Giro para obtener la Deflexión:

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en Voladizo de Concreto Reforzado, de acuerdo con la Norma Colombiana de Puentes – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

Ecuación 24 Deflexión

$$d(z) = \frac{1}{EI} \left(\left(\frac{WLS * H * Z^3}{6} \right) - \left(\frac{WLS * Z^4}{24} \right) - \left(\frac{WLS * H^2 * Z^2}{4} \right) \right)$$

Tabla 5 Altura de suelo equivalente para carga vehicular sobre estribos perpendiculares al tráfico

Altura Muro (mm)	h eq (mm)
1500	1500
3000	1000
≥6000	600

Fuente: **AIS, Asociación de ingeniería sísmica-**. Norma Colombiana de Puentes LRFD - CCP 14. Bogotá: s.n., 2014.

3.2.3 Empuje dinámico del suelo (EQ)

Ecuación 25 Mononobe - Okabe

$$\theta = \arctang \left(\frac{kh}{1 - Kv} \right)$$

Kv = Aceleración vertical → Asumir como cero = Porque solo ahí empuje horizontal.

Kh = Aceleración horizontal

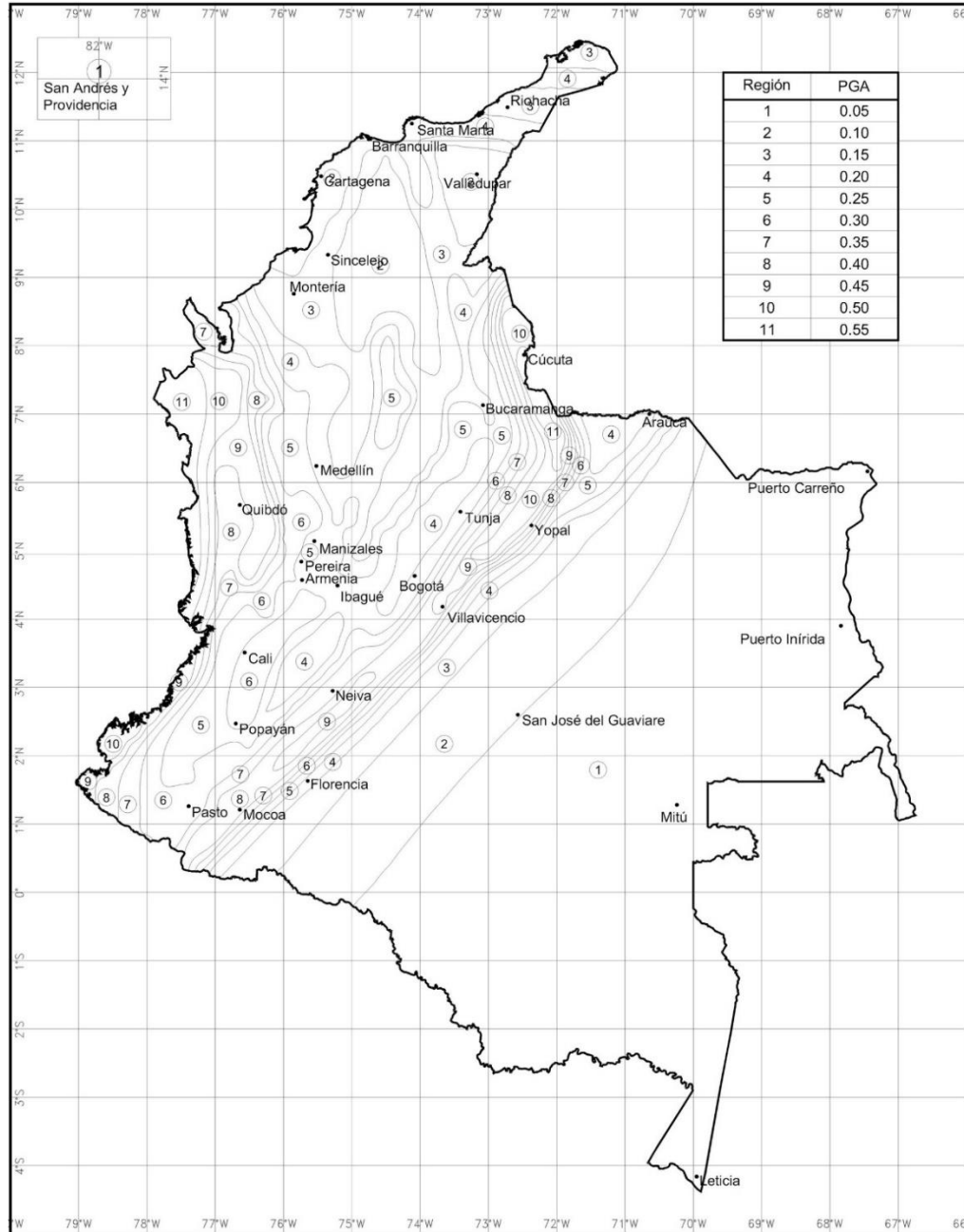
Ecuación 26 Aceleración Horizontal

$$Kh = 0.5 * A$$

Ecuación 27 Coeficiente Sísmico de aceleración

$$A = PGA * F_{pga}$$

Tabla 6. Valores del PGA



Fuente: AIS, Asociación de ingeniería sísmica-. Norma Colombiana de Puentes LRFD - CCP 14. Bogotá: s.n., 2014.


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

Tabla 7 Valores del factor de sitio, F_{pga} , en el periodo de vibraciones cero del Espectro de Aceleraciones

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos ^(Véase la Nota 1)				
	$PGA \leq 0.1$	$PGA = 0.2$	$PGA = 0.3$	$PGA = 0.4$	$PGA \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2

Fuente: **AIS, Asociación de ingeniería sísmica-** Norma Colombiana de Puentes LRFD - CCP 14. Bogotá: s.n., 2014.

Tabla 8 Perfil del suelo


Suelo Fundación	
A	Roca muy rígida
B	Roca rigidez media
C	Suelo muy rígido (Arena)
D	Suelo rigidez media
E	Suelo Blando (arcillas blandas)

Fuente: **AIS, Asociación de ingeniería sísmica-** Norma Colombiana de Puentes LRFD - CCP 14. Bogotá: s.n., 2014

Para el caso de los muros que se puedan desplazar o deflectarse como para alcanzar las condiciones mínimas de empuje activo, se tiene en cuenta el coeficiente de empuje activo sísmico de tierras: ⁵⁶

Ecuación 28 Coeficiente de empuje activo sísmico

⁵⁶ **AIS, Asociación de ingeniería sísmica-** Norma Colombiana de puentes LRFD-CCP 14. Bogotá : s.n., 2014.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

$$K_{ae} = \left(\frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos \theta * \cos^2 \beta * \cos(d + \beta + \theta) * \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + d) * \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(d + \beta + \theta) * \cos(i - \beta)}} \right)^2} \right)$$

Dónde:

K_{ae} = Coeficiente de empuje activo sísmico

ϕ = Angulo de fricción del suelo

d = Angulo de fricción suelo – muro → Asumir cero= Va a sumir que no ahí fricción entre el suelo y el muro en el sentido vertical.

i = Angulo del suelo con la horizontal → Asumir cero= El relleno es horizontal

β = Angulo de inclinación del muro → Asumir cero= El ángulo del talón con el relleno es igual a cero por lo que es vertical.

Decimos que $W E q$.


$$W E q = \gamma * H * (K_{ae} - K_a)$$

Ecuación 29 Carga

$$q(z) = \frac{W E q}{H} * Z$$

Usamos el método de la doble integración:

Ecuación 30 Cortante

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	--

$$V(z) = \left(\frac{WEq * H}{2} \right) - \left(\frac{WEq * Z^2}{2H} \right)$$

Integramos la cortante para obtener el momento:

Ecuación 31 Momento

$$M(z) = \left(\frac{WEq * H * Z}{2} \right) - \left(\frac{WEq * Z^3}{6H} \right) - \left(\frac{WEq * H^2}{2} \right)$$

Integramos el momento para obtener giro:

Ecuación 32 Giro

$$\theta(z) = \frac{1}{EI} \left(\left(\frac{WEq * H * Z^2}{4} \right) - \left(\frac{WEq * Z^4}{24H} \right) - \left(\frac{WEq * H^2 * Z}{3} \right) \right)$$


Integramos el Giro para obtener la deflexión:

Ecuación 33 Deflexión

$$d(z) = \frac{1}{EI} \left(\left(\frac{WEq * H * Z^3}{12} \right) - \left(\frac{WEq * Z^5}{120H} \right) - \left(\frac{WEq * H^2 * Z^2}{6} \right) \right)$$

3.2.4 Nivel freático (NF)

La tierra contenida no se deja drenar, debe añadirse el efecto de la presión hidrostática del agua a la presión del suelo. En los casos de empozamiento el agua

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LFRD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	---

detrás del muro debe diseñarse para resistir la presión hidrostática del agua más la presión del suelo.⁵⁷

Decimos que W .

$$W = \gamma * NF$$

Ecuación 42 Carga

$$q(z) = -\frac{W}{NF} + W$$

Ecuación 43 Cortante

$$V(z) = \frac{W}{2NF} Z^2 - W * Z + \frac{W * NF}{2}$$

Ecuación 44 Momento

$$M(z) = \left(\frac{W * Z^3}{6 NF}\right) - \left(\frac{W * Z^2}{2}\right) + \left(\frac{W * NF * Z}{2}\right) - \left(\frac{W * NF^2}{6}\right)$$

Ecuación 45 Giro De cero a NF


$$\theta(z) = \frac{1}{EI} \left(\left(\frac{W * Z^4}{24 NF}\right) - \left(\frac{W * Z^3}{6}\right) + \left(\frac{W * NF * Z^2}{4}\right) - \left(\frac{W * NF^2 * Z}{6}\right) \right)$$

Ecuación 46 Giro De H - NF

$$\theta(z) = \frac{1}{EI} \left(-\frac{WNF^3}{24} \right)$$

Ecuación 47 Deflexión De cero a NF

⁵⁷ AIS, Asociación de ingeniería sísmica-. Norma Colombiana de puentes LFRD-CCP 14. Bogotá : s.n., 2014.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en voladizo de concreto reforzado, de acuerdo con la Norma Colombiana de Puentes – LFRD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

$$d(z) = \frac{1}{EI} \left(\left(\frac{W * Z^5}{120 NF} \right) - \left(\frac{W * Z^4}{120H} \right) + \left(\frac{W * NF * Z^3}{12} \right) - \left(\frac{W * NF^2 * Z^2}{12} \right) \right)$$

Ecuación 48 Deflexión De H - NF

$$d(z) = \frac{1}{EI} \left(- \frac{WNF^3 * Z}{30} \right)$$

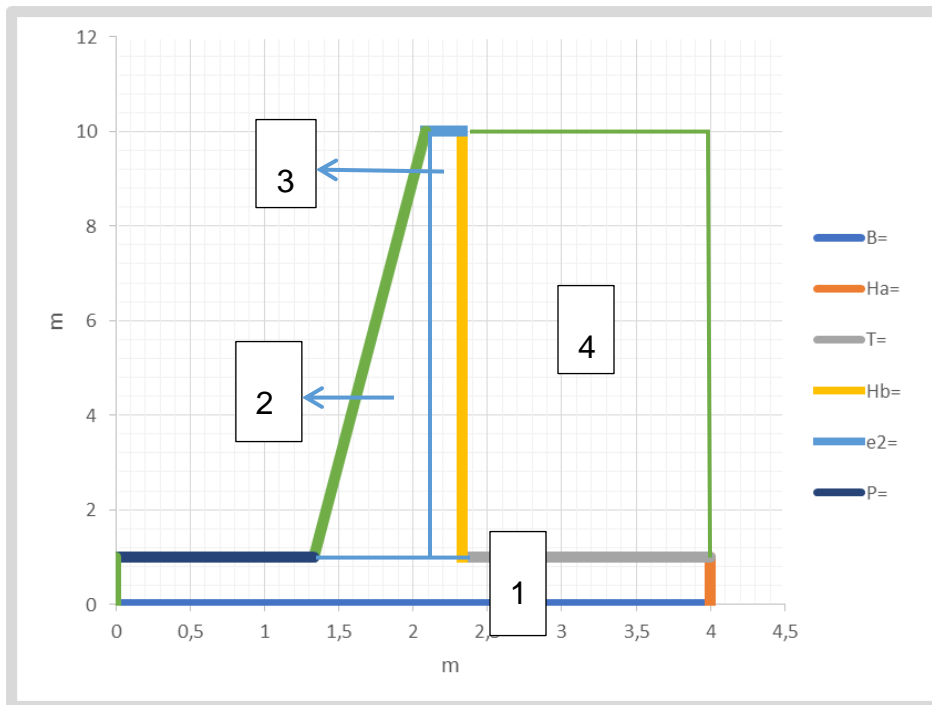
3.3 FUERZAS VERTICALES

3.3.1 Carga muerta de elementos estructurales (DC)

La carga muerta es el peso de todos los componentes, La estructura, los recubrimientos del suelo, pavimentos, recubrimientos futuros.⁵⁸

⁵⁸ AIS, Asociación de ingeniería sísmica-. Norma Colombiana de puentes LFRD-CCP 14. Bogotá : s.n., 2014.

Figura 18 Secciones



Fuente: **Propia**

Tabla 9 Pesos ponderados de cada sección


Elemento	Vol (M ³)	DC	XA	MA
1	B * Ha	Vol1 * 24	B/2	DC1 * XA1
2	e2 * Hb	Vol2 * 24	P + (E * e1/3)	DC2 * XA2
3	(e1 - e2) * Hb / 2	Vol3 * 24	P + e1 - e2/2	DC3 * XA3
Σ				

Fuente: **Propia**

Ecuación 34 Centroide del muro

$$\bar{X} a = \frac{\sum MA}{\sum DC}$$

$\bar{X} a$: Centroide de todas las cargas sobre muro

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en voladizo de concreto reforzado, de acuerdo con la norma colombiana de puentes – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	--

3.3.2 Carga suelo vertical (EV)

Ecuación 35 Volumen

$$Vol = T * Hb$$

Ecuación 36 Carga Suelo vertical

$$Ev = Vol * \gamma \text{ relleno}$$

Ecuación 37 Centroide carga suelo vertical

$$\bar{X} a = B * \frac{T}{2}$$

Ecuación 38 Momento carga suelo vertical

$$Ma = EV * \bar{X} a$$

$\gamma \text{ relleno}$ = De acuerdo con el Peso unitario

T = Talón

Hb= Altura

B= Base


$\bar{X} a$ = Centroide

Mirar la tabla 1 de los pesos unitarios

3.3.3 Sobrecarga Vertical (LS)

Ecuación 39 Sobrecarga Vertical

$$L Sv = Heq * \gamma \text{ relleno} * T$$

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

Ecuación 40 Centroide sobrecarga vertical

$$\bar{X} a = B * \frac{T}{2}$$

Ecuación 41 Momento sobrecarga vertical

$$Ma = EV * \bar{X} a$$

γ relleno = De acuerdo con el Peso unitario

T = Talón

Hb= Altura

B= Base

EV= Carga del suelo vertical

$\bar{X} a$ = Centroide

3.4 COMBINACIONES DE CARGA

3.4.1 Combinaciones Horizontales

Ecuación 49 Resistencia I mínima

$$0,9 EH + 0,9 EH (agua) + 1,75 Ls$$

Ecuación 50 Resistencia I máxima


$$1,5 EH + 1,5 EH (agua) + 1,75 Ls$$

Ecuación 51 Resistencia II mínima

$$0,9 EH + 0,9 EH (agua) + 1,35 Ls$$

Ecuación 52 Resistencia II máxima

$$1,5 EH + 1,5 EH (agua) + 1,35 Ls$$

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en Voladizo de Concreto Reforzado, de acuerdo con la Norma Colombiana de Puentes – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018 VERSIÓN 1</p>
---	--	--

Ecuación 53 Esfuerzo extremo I mínimo

$$0,9 \text{ EH} + 0,9 \text{ EH (agua)} + \text{Ls} + \text{EQ}$$

Ecuación 54 Esfuerzo extremo I máximo

$$1,5 \text{ EH} + 1,5 \text{ EH (agua)} + \text{Ls} + \text{EQ}$$

Ecuación 55 Servicio I

$$\text{EH} + \text{EH (agua)} + \text{Ls}$$

3.4.2 Combinaciones Verticales

Ecuación 56 Resistencia I mínima

$$0,9 \text{ DC} + \text{EV} + 1,75 \text{ Lsv}$$

Ecuación 57 Resistencia I máxima

$$1,25 \text{ DC} + 1,35 \text{ EV} + 1,75 \text{ Lsv}$$

Ecuación 58 Resistencia II mínima

$$0,9 \text{ DC} + \text{EV} + 1,35 \text{ Lsv}$$

Ecuación 59 Resistencia II máxima

$$1,5 \text{ DC} + 1,35 \text{ EV} + 1,35 \text{ Lsv}$$

Ecuación 60 Esfuerzo Extremo I mínimo


$$0,9 \text{ DC} + \text{EV} + \text{Lsv}$$

Ecuación 61 Esfuerzo Extremo I máximo

$$1,5 \text{ DC} + 1,35 \text{ EV} + \text{Lsv}$$

Ecuación 62 Servicio I

$$\text{DC} + \text{EV} + \text{Lsv}$$

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

Al concluir con las combinaciones de carga se analiza la estabilidad de un muro de acuerdo con sus diferentes cálculos de:

- Deslizamiento
- Volcamiento
- Capacidad portante

3.5 ESTABILIDAD DE VOLCAMIENTO

Ecuación 63 Centroide

$$X_o = \frac{|M_{vu}| - |M_{hu}|}{V_{vu}}$$

Mvu= Momento vertical ultimo

Mhu= Momento horizontal ultimo

Vvu= Cortante vertical ultimo

Xo= Centroide

Ecuación 64 Excentricidad

$$e = \left| \left(\frac{B}{2} - X_o \right) \right|$$

B= Base

E= Excentricidad

Ecuación 65 Excentricidad máxima

$$e_{max} = \frac{B}{4}$$

$e \leq e_{max} \rightarrow$ Cumple **volcamiento**

3.6 ESTABILIDAD DE DESLIZAMIENTO

Ecuación 66 Estabilidad deslizamiento

$$F_f = \mu (\phi * V_{uv})$$

Tabla 10 Los factores de resistencia para la resistencia geotécnica de cimentaciones superficiales en el estado límite de resistencia

$\phi = 0.8$	Resistencia y servicio
$\phi = 1.0$	Evento extremo

Fuente: **AIS, Asociación de ingeniería sísmica-** Norma Colombiana de Puentes LRFD - CCP 14. Bogotá: s.n., 2014

Ecuación 67 Factor de fricción del suelo

$$\mu = \tan(\delta)$$

$\delta \rightarrow$ Angulo fricción suelo estructura

$\mu =$ Factor de fricción del suelo

$V_{hu} =$ Cortante horizontal ultimo


$F_f \geq V_{hu} \rightarrow$ **Cumple deslizamiento**

Mirar tabla 2 para los ángulos de fricción entre diferentes materiales

3.7 CAPACIDAD PORTANTE

Ecuación 68 Centroide

$$X_0 = \frac{|M_{vu}| - |M_{hu}|}{V_{vu}}$$

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

Mvu= Momento vertical ultimo

Mhu= Momento horizontal ultimo

Vvu= Cortante vertical ultimo

Ecuación 69 Excentricidad

$$e = \left| \left(\frac{B}{2} - X_o \right) \right|$$

Ecuación 70 Esfuerzo sobre el suelo

$$q = \frac{Vvu}{B - 2e}$$

q = Esfuerzo sobre el suelo

σ_{adm} = capacidad portante

$q \leq \sigma_{adm} \rightarrow$ **cumple capacidad portante**

4 VALIDACIÓN DEL PROGRAMA

Se realizó una comprobación del programa diseñando un muro con los siguientes datos iniciales:

Altura del muro =5m

Resistencia del concreto = 21 MPa

Resistencia del acero= 420 MPa

Angulo de fricción del terreno = 30°

Peso unitario del suelo =18 KN/m³

Tensión admisible del terreno= 400 kN/m²

Región sísmica = 5

Suelo del Fundición= Suelo muy rígido (arena)

Agua= Sin agua


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
--	--	-------------------------------------

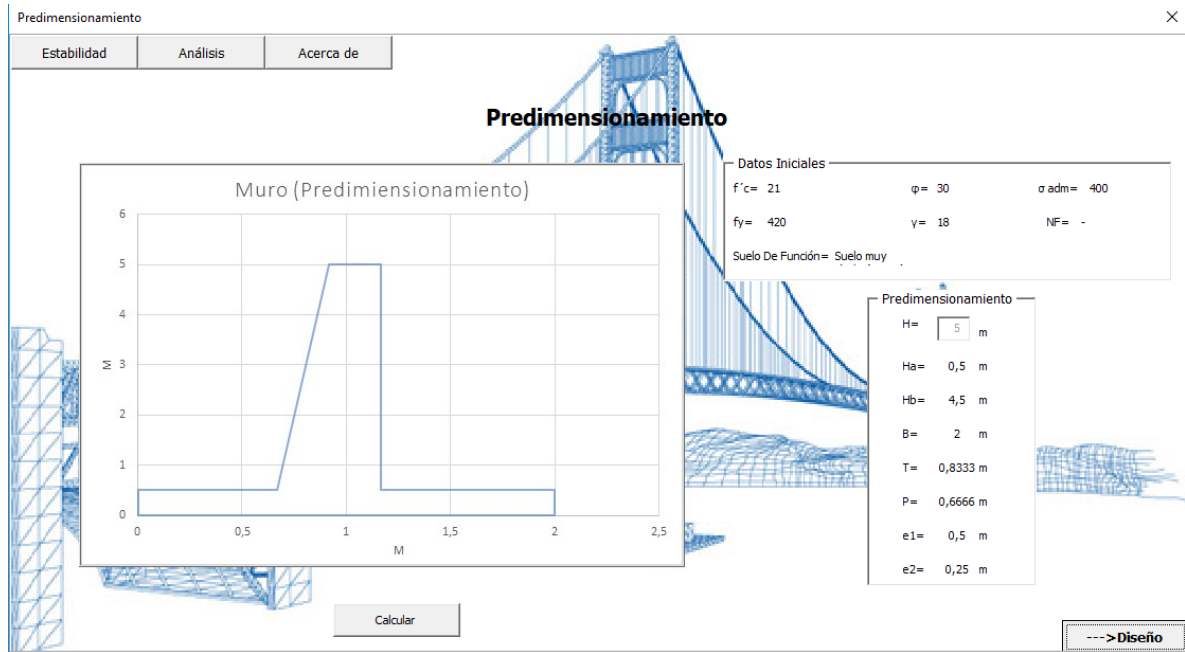
Figura 19 Plataforma Inicial



Fuente: Propia

Se predimensionó el muro y se obtuvieron las siguientes dimensiones:

Figura 20 Plataforma Inicial del diseño

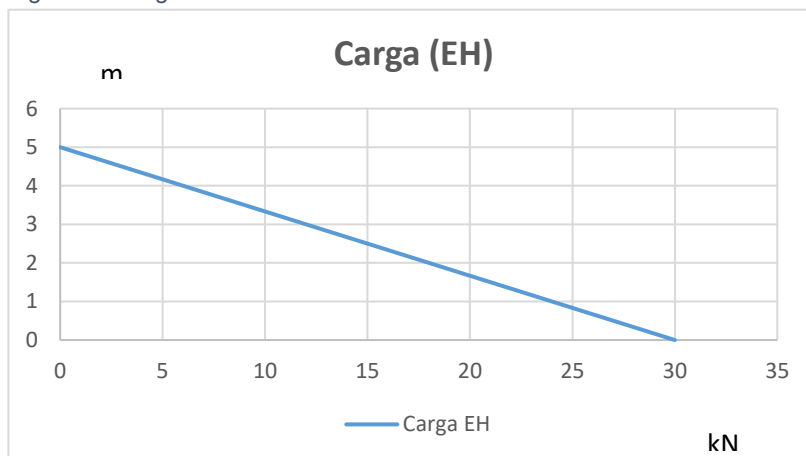


Fuente: **Propia**

Se realizó el análisis y se obtuvieron las siguientes graficas:

Para el empuje horizontal del suelo se puede observar que la carga máxima que soportara el muro es de 30 kN.

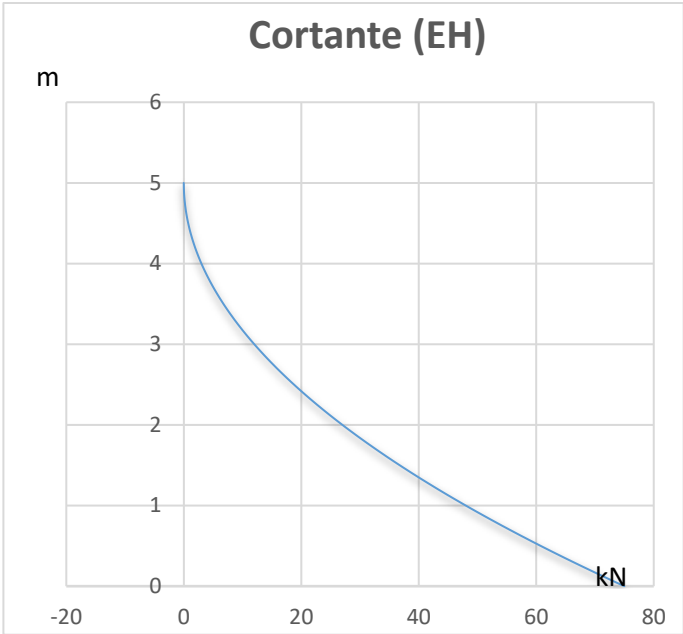
Figura 21 Carga



Fuente: **Propia**

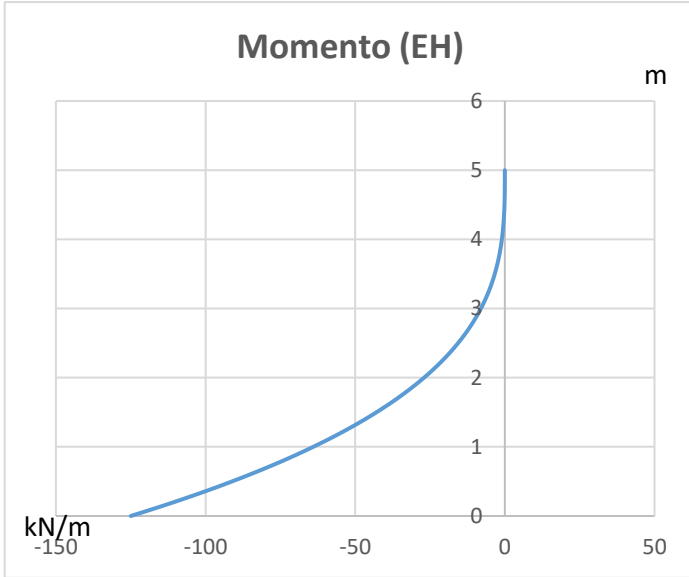
Donde su cortante tiene un valor de 75kN y su momento de 125 kN/m, y el cual tendrá una deflexión entre 3 y4 mm.

Figura 22 Cortante



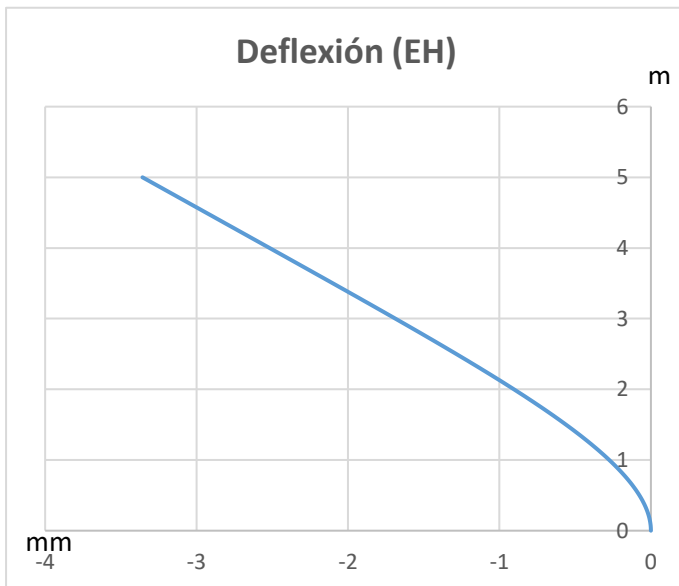
Fuente: Propia

Figura 23 Momento



Fuente: Propia

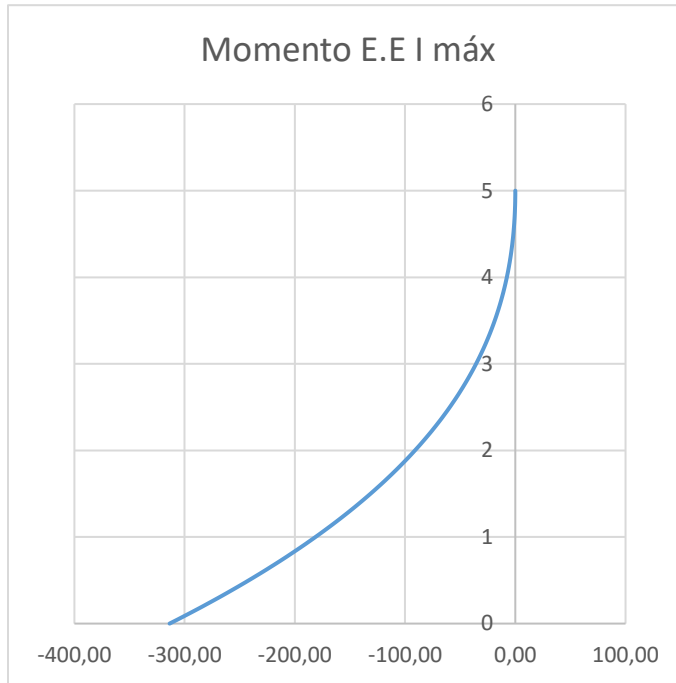
Figura 24 Deflexión



Fuente: Propia

La mayor combinación de momento y cortante ocurre en el evento extremo 1, ya que es la única que tiene en cuenta el empuje dinámico del suelo(EQ) como se muestra en la ecuación 54.

Figura 25 Momento E.E I máx.




Fuente: **Propia**

Tabla 11 Resistencias

Combinación	Vuv	Vuh	Muv	Muh	e	emax	Volcamiento	Ff	Delizamiento	q	Capacidad Portante
Resistencia I máx	191	151	256,088541	283,75	0,85517561	0,5	No Cumple	68,0309431	No Cumple	659,419318	No Cumple
Resistencia I mín	144,8	106	195,910416	208,75	0,91132884	0,5	No Cumple	51,5752909	No Cumple	816,500016	No Cumple
Resistencia II máx	186,6	142,2	249,121875	261,75	0,93232516	0,5	No Cumple	66,4637381	No Cumple	1378,65122	No Cumple
Resistencia II mín	79,3285215	97,2	127,366021	186,75	0,25141705	0,5	Cumple	28,2554666	No Cumple	52,9857925	Cumple
E. Extremo I máx	182,75	155,842495	243,026041	313,641652	0,61359447	0,5	No Cumple	81,3655422	No Cumple	236,474359	Cumple
E. Extremo I mín	136,55	110,842495	182,847916	238,641652	0,59140435	0,5	No Cumple	60,7959769	No Cumple	167,096738	Cumple
Servicio I	143	97	189,354166	180	0,93458624	0,5	No Cumple	50,9341615	No Cumple	1093,04231	No Cumple

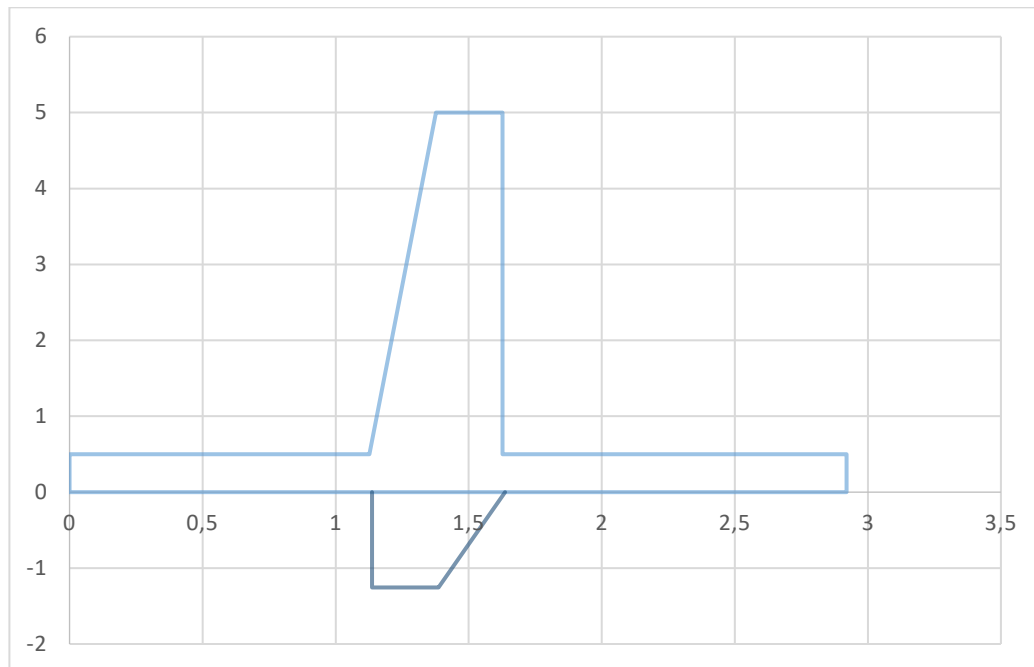
Fuente: **Propia**

Una vez obtenido todas las cargas y sus combinaciones se hace el análisis de estabilidad: volcamiento, deslizamiento y capacidad portante.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

Los datos que arrojo el programa nos muestran que no cumple ninguno de los tres análisis por lo cual se procede a aumentar la puntera si no cumple volcamiento y aumentar el talón si no cumple deslizamiento, si al aumentar el talón y no cumple la condición de deslizamiento entonces se pondrá un dentellón debajo de la base del muro.

Figura 26 dentellón



Fuente: **Propia**

El muro se le colocó un dentellón ya que no cumplía con el análisis al deslizamiento, el cual nos muestra que tiene una altura de dentellón de 1,25m de profundidad, la base aumentó 94 cm para poder cumplir las condiciones. En su puntera mide 1,13m y en el talón 1,30m, lo cual hace que las cargas verticales que sufre el muro tengan un aumento y se puedan cumplir las condiciones de estabilidad.


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

Tabla 12 Resistencias

Combinación	Vuv	Vuh	Muv	Muh	e	emax	Volcamiento	Ff	Delizamiento	q	Capacidad Portante
Resistencia I máx	267,3515	151	534,9758492	283,75	0,530316291	0,735	Cumple	151	Cumple	142,256111	Cumple
Resistencia I mín	203,879	106	411,2373917	208,75	0,476825658	0,735	Cumple	128,3921778	Cumple	102,6400861	Cumple
Resistencia II máx	260,4699	142,2	519,2284545	261,75	0,481484803	0,735	Cumple	148,5488914	Cumple	131,7480504	Cumple
Resistencia II mín	128,7954	97,2	294,726807	186,75	0,631640812	0,735	Cumple	101,6486798	Cumple	76,81397294	Cumple
E. Extremo I máx	254,4485	155,8424957	505,4494842	313,6416522	0,716182108	0,735	Cumple	169,0617256	Cumple	168,7731895	Cumple
E. Extremo I mín	190,976	110,8424957	381,7110267	238,6416522	0,72085155	0,735	Cumple	140,8019479	Cumple	127,4620537	Cumple
Servicio I	198,554	97	392,9069367	180	0,397712679	0,735	Cumple	126,4955036	Cumple	92,58432706	Cumple

Fuente: **Propia**

Con estos resultados se diseña el muro a flexión y a cortante en donde nos da como resultado que la sección del espaldar o vástago tendremos 4 varillas número 8 cada 22cm, en el talón 4 varillas número 8 cada 22 cm, en la puntera 4 varillas número 7 cada 22cm y en el acero de retracción fraguado 4 varillas número 5 cada 22 cm. En el diseño a cortante nos indica que cumple su diseño para que el concertó y el acero trabajen conjuntamente.

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se analizará el resultado de tres muros de contención con diferente altura.

PRIMER MURO

Con una altura de 3 m, los datos iniciales para la verificación de las dimensiones.

Figura 27 Plataforma inicial



Datos Iniciales

Altura del Muro
H = 3 m

Materiales
f'c = 21 Mpa
fy = 420 Mpa

Suelo
φ = 20
γ = 20 kN/m³
σ adm = 200 kN/m²

Agua
Nivel Freatico = no

Región = 4 Ver Mapa

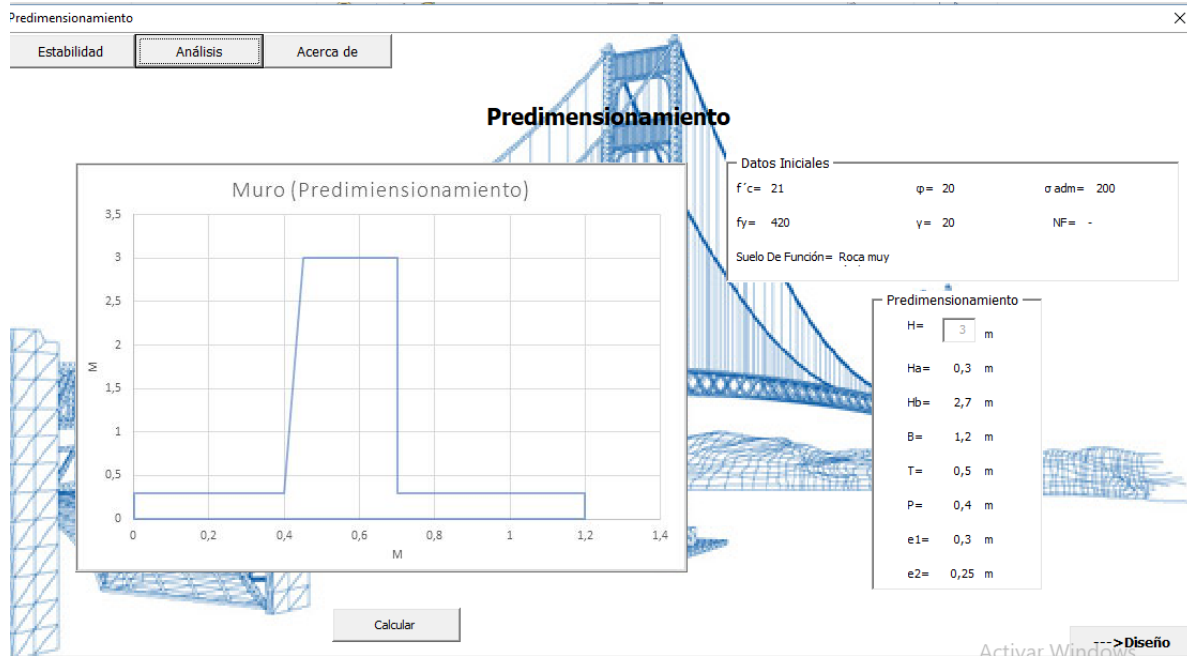
Suelo de fundación = Roca muy rígida

Aceptar

Fuente: Propia

Dimensiones iniciales del muro

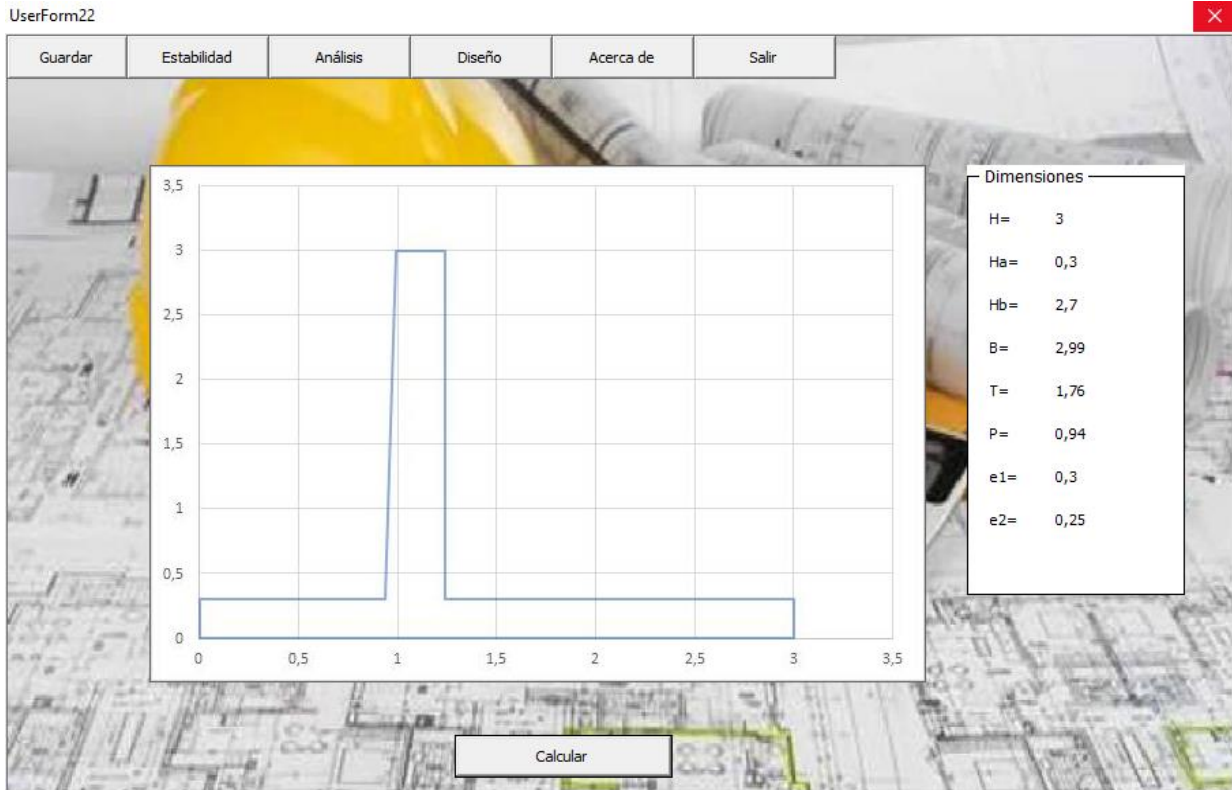
Figura 28 Plataforma del diseño del muro



Fuente: **Propia**

Dimensiones finales del muro para el cumplimiento de estabildades.

Figura 29 Plataforma del muro nuevo diseñado



Fuente: **Propia**

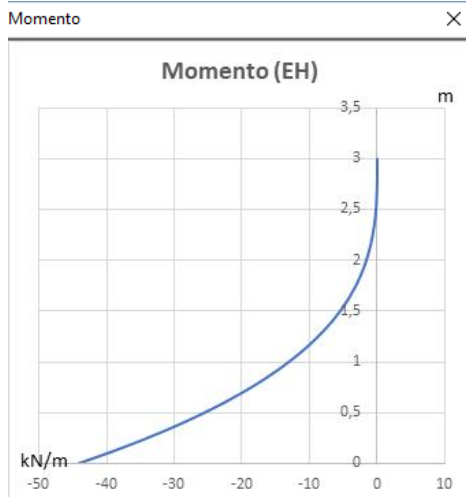
Plataforma con el cumplimiento de las estabildades.

Tabla 13 Resistencias Muro 1

Combinación	Vuv	Vuh	Muv	Muh	e	emax	Volcamiento	Ff	Delizamiento	q	Capacidad Portante
Resistencia I máx	239,179	117,669743	468,439354	143,409999	0,14106231	0,74999999	Cumple	133,979951	Cumple	88,0021959	Cumple
Resistencia I mín	192,118	91,1940509	379,483669	116,934307	0,13339529	0,74999999	Cumple	107,617977	Cumple	70,2902599	Cumple
Resistencia II máx	225,099	105,902768	438,589754	125,759538	0,11025496	0,74999999	Cumple	126,092813	Cumple	80,9857185	Cumple
Resistencia II mín	142,56	79,4270766	302,227199	99,2838458	7,64355064	0,74999999	Cumple	79,8572693	Cumple	50,0714933	Cumple
E. Extremo I máx	212,779	101,122988	412,471354	121,348028	0,13180423	0,74999999	Cumple	148,989459	Cumple	77,7589748	Cumple
E. Extremo I mín	165,718	74,6472963	323,515669	94,8723363	0,12028667	0,74999999	Cumple	116,036992	Cumple	60,0552290	Cumple
Servicio I	169,66	73,5435894	328,783099	88,2523073	0,08227753	0,74999999	Cumple	95,0377687	Cumple	59,8354066	Cumple

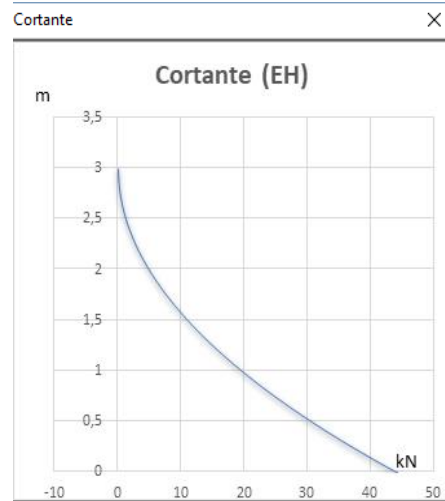
Fuente: **Propia**

Figura 30 Momento



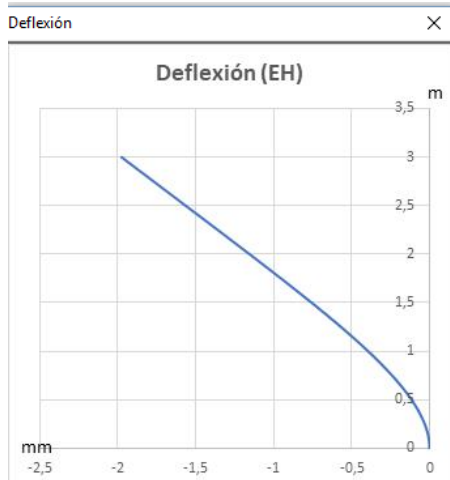
Fuente: Propia

Figura 31 Cortante



Fuente: Propia

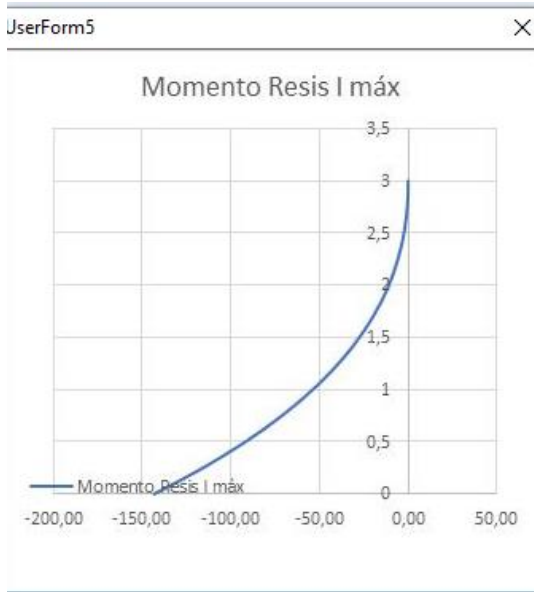
Figura 32 Deflexión.



Fuente: Propia

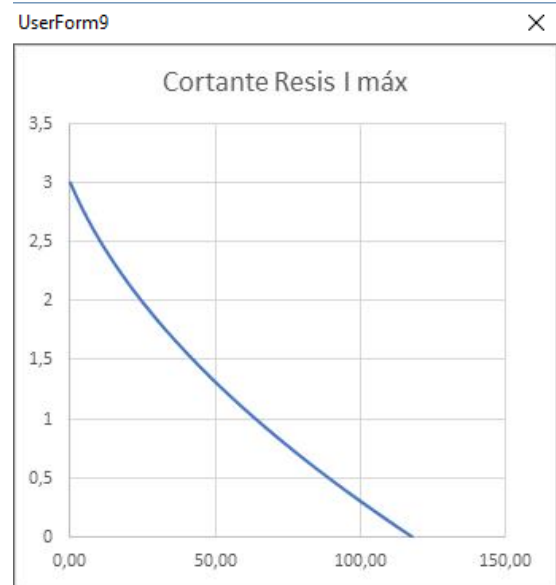
Graficas de momento, cortante y deflexión de la combinación horizontal.

Figura 33 Momento resistencia I máx.



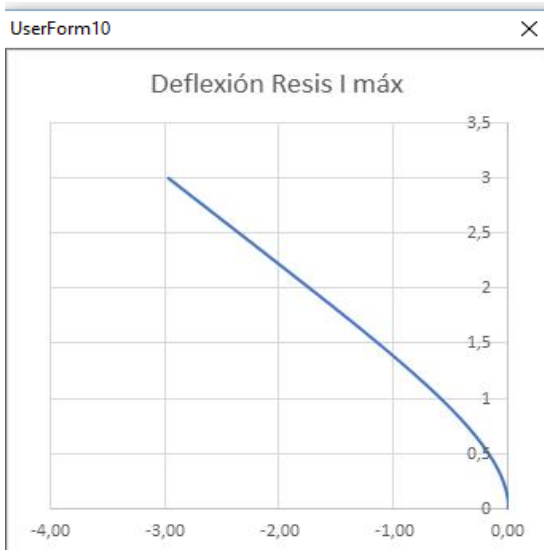
Fuente: Propia

Figura 34 Cortante Resistencia I máx.



Fuente: Propia

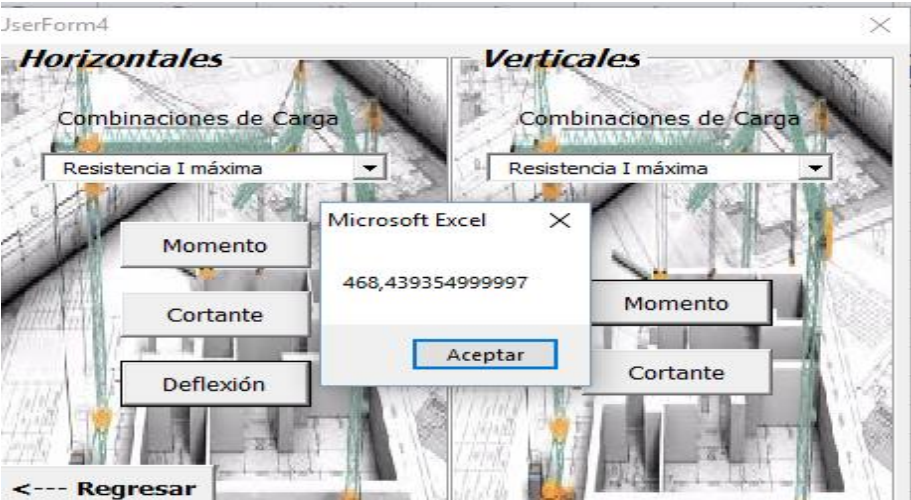
Figura 35 Deflexión Resistencia I máx.



Fuente: Propia

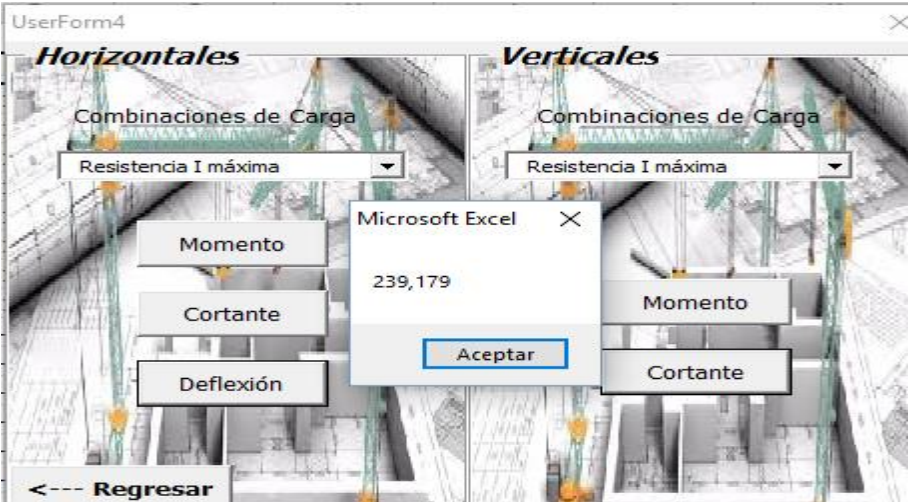
Resultados de momento y cortante de la combinación vertical.

Figura 36 Resultados de momento combinación vertical.



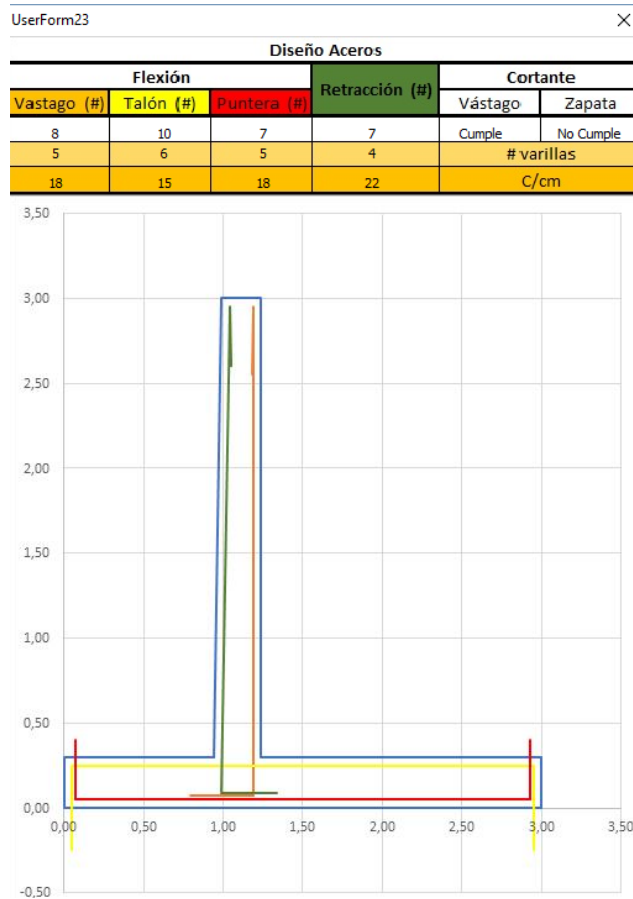
Fuente: Propia

Figura 37 Resultados de la cortante de vertical combinación vertical.



Fuente: Propia

Figura 38 Aceros



Fuente: Propia

SEGUNDO MURO

Con una altura de 6 m, los datos iniciales para la verificación de las dimensiones.

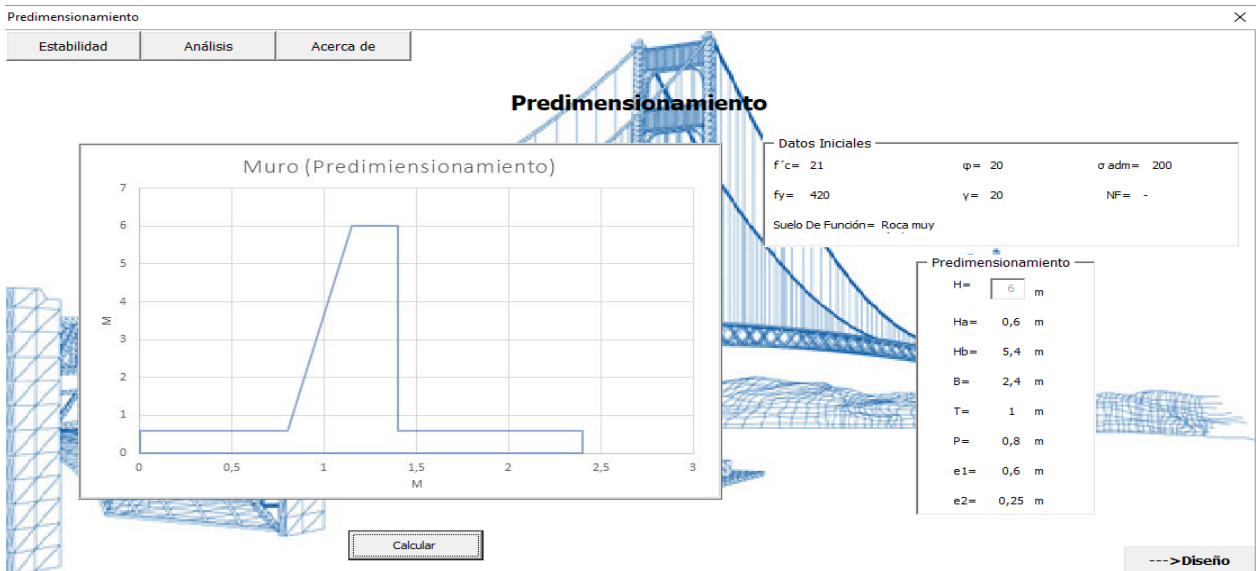
Figura 39 Plataforma inicial



Fuente: Propia

Dimensiones iniciales del muro

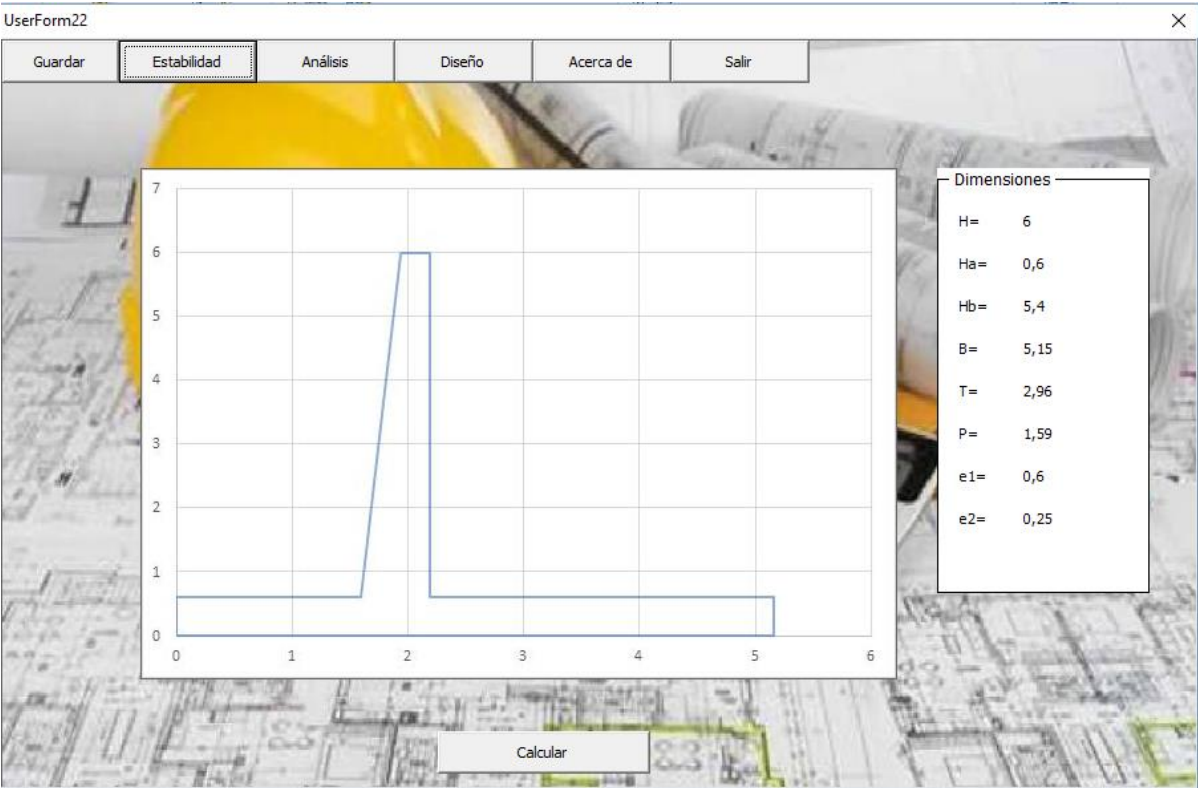
Figura 40 Plataforma del diseño del muro



Fuente: Propia

Dimensiones finales del muro para el cumplimiento de estabildades.

Figura 41 Plataforma del muro nuevo diseñado



Fuente: **Propia**

Plataforma con el cumplimiento de las estabildades.


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

Tabla 14 Resistencias Muro 2

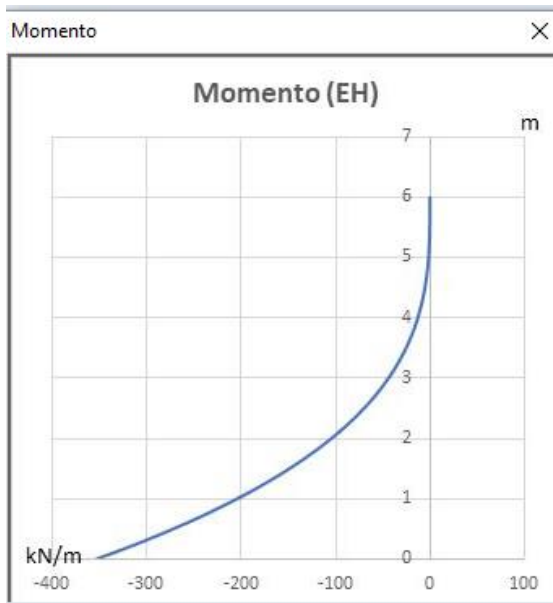
UserForm3

X

Combinación	Vuv	Vuh	Muv	Muh	e	emax	Volcamiento	Ff	Delizamiento	q	Capacidad Portante
Resistencia I máx	657,125999	326,533537	2199,34844	714,843689	0,32091306	1,28999999	Cumple	368,099663	Cumple	145,440618	Cumple
Resistencia I mín	499,575599	220,630768	1680,71581	503,038152	0,22264374	1,28999999	Cumple	279,845280	Cumple	105,960988	Cumple
Resistencia II máx	642,869999	312,413168	2146,95764	672,482582	0,28641798	1,28999999	Cumple	360,113936	Cumple	140,145413	Cumple
Resistencia II mín	368,873999	206,510399	1355,61194	460,677044	0,15387371	1,28999999	Cumple	206,630684	Cumple	76,0211871	Cumple
E. Extremo I máx	630,395999	322,123133	2101,11569	723,677768	0,39496403	1,28999999	Cumple	441,408031	Cumple	144,253003	Cumple
E. Extremo I mín	472,845599	216,220365	1582,48306	511,872230	0,31581304	1,28999999	Cumple	331,090053	Cumple	104,418409	Cumple
Servicio I	485,783999	211,805537	1612,78451	458,911998	0,20472102	1,28999999	Cumple	272,119694	Cumple	102,258304	Cumple

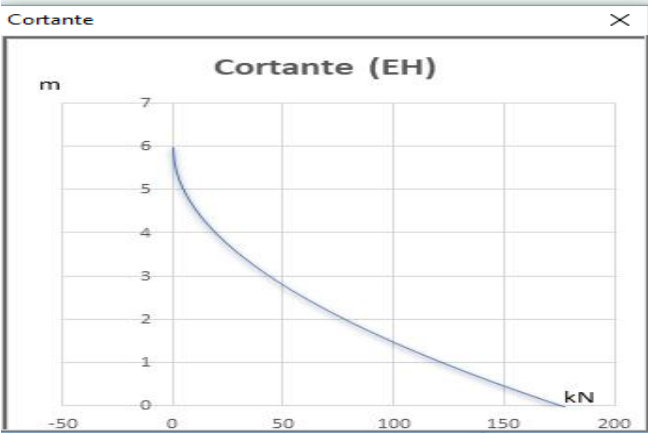
Fuente: Propia

Figura 42 Momento



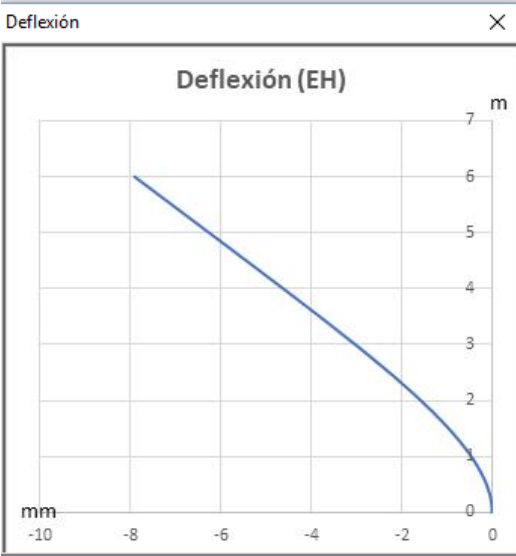
Fuente: Propia

Figura 43 Cortante



Fuente: Propia

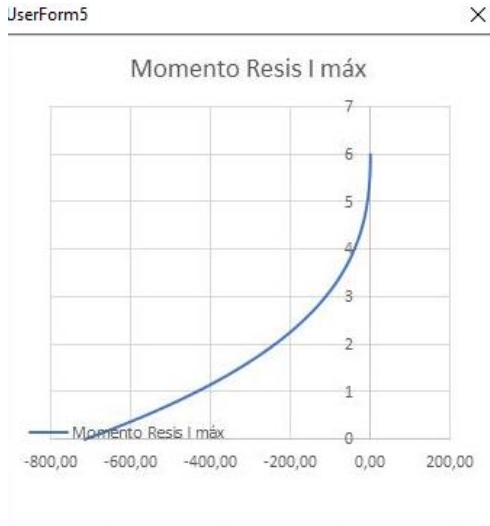
Figura 44 Deflexión.



Fuente: Propia

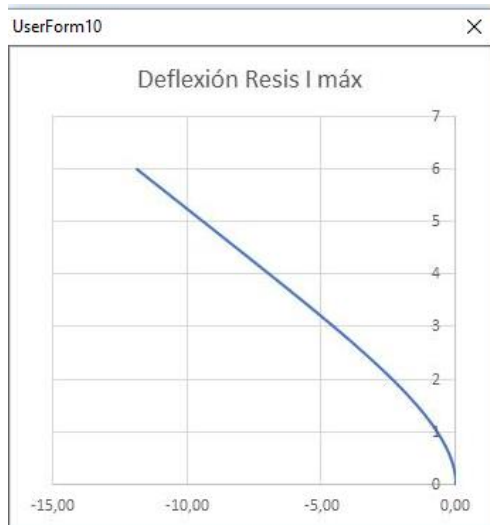
Graficas de momento, cortante y deflexión de la combinación horizontal.

Figura 45 Momento resistencia I máx.



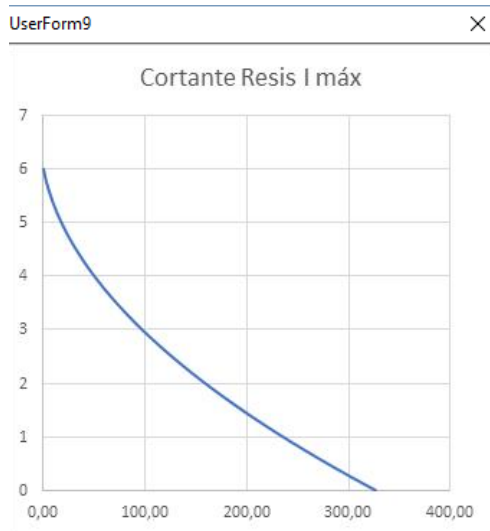
Fuente: Propia

Figura 46 Cortante resistencia I máx.



Fuente: Propia

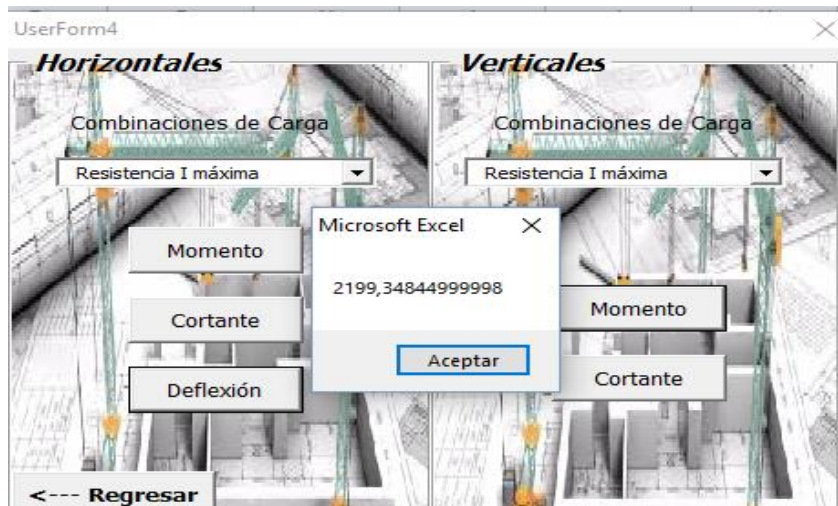
Figura 47 Deflexión Resistencia I máx.



Fuente: Propia

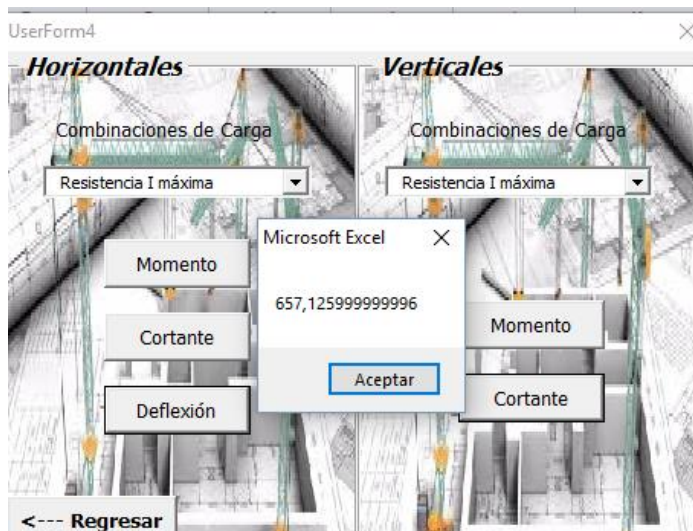
Resultados de momento y cortante de la combinación vertical.

Figura 48 Resultados de momento combinación vertical



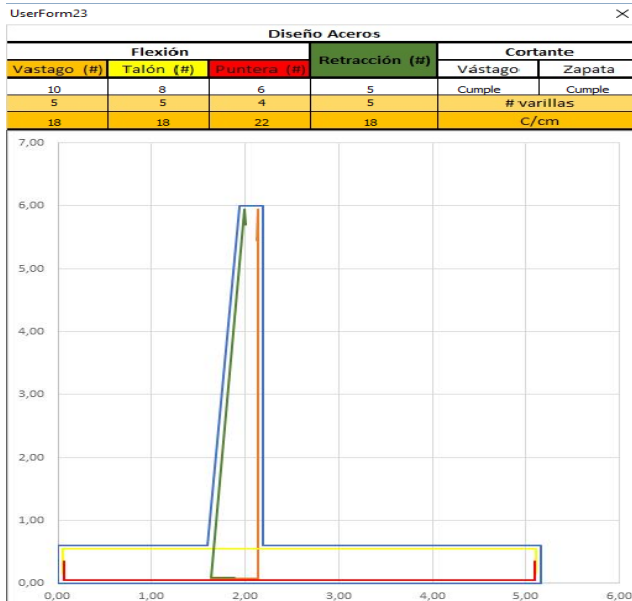
Fuente: Propia

Figura 49 Resultados de la cortante de vertical combinación vertical



Fuente: Propia

Figura 50 Aceros



Fuente: Propia

5.1 TERCER MURO:

Con una altura de 9m, los datos iniciales para la verificación de las dimensiones.

Figura 51 Plataforma inicial

Datos Iniciales



Altura del Muro
 $H = 9$ m

Materiales
 $f'c = 21$ Mpa
 $f_y = 420$ Mpa

Suelo
 $\phi = 20$
 $\gamma = 20$ kN/m³
 $\sigma_{adm} = 200$ kN/m²

Agua
 Nivel Freático = no

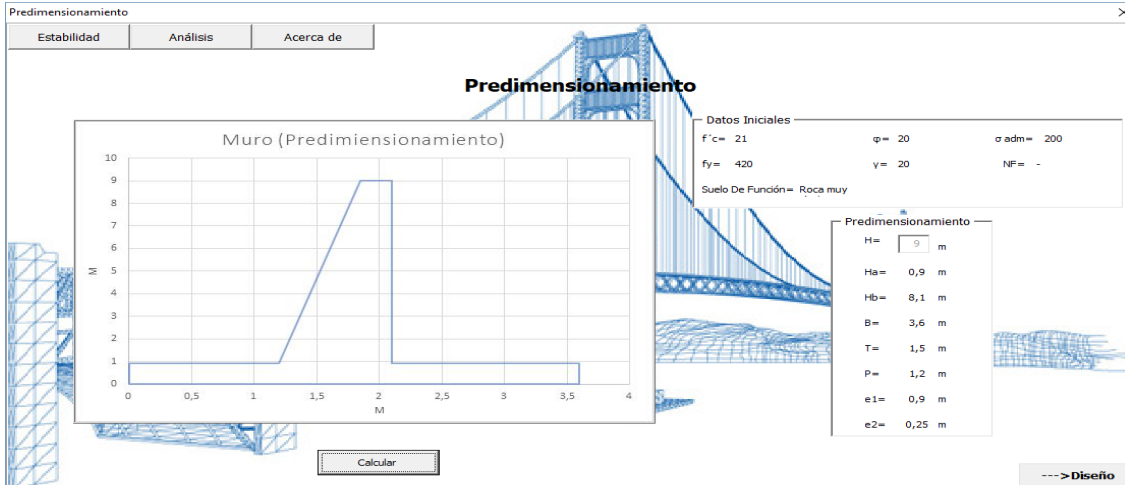
Región = 4

Suelo de fundación = Roca muy rígida

Fuente: Propia

Dimensiones iniciales del muro

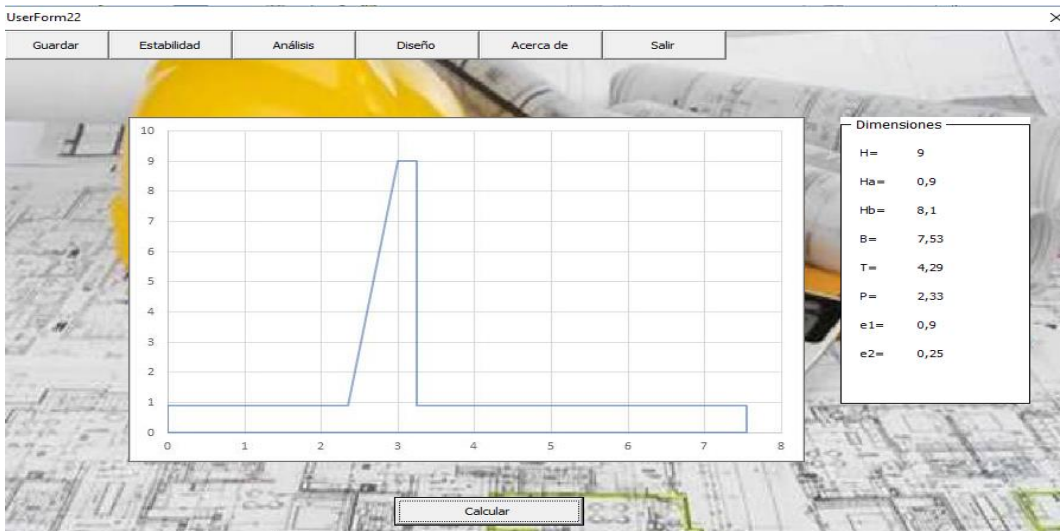
Figura 52 Plataforma del diseño del muro




Fuente: Propia

Dimensiones finales del muro para el cumplimiento de estabildades.

Figura 53 Plataforma del muro nuevo diseñado



Fuente: Propia

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

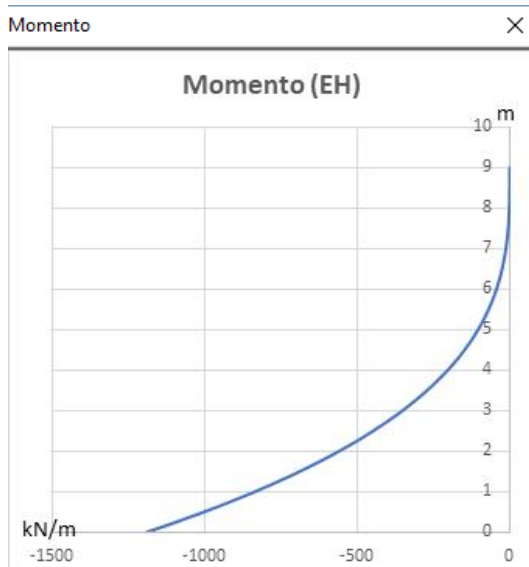
Plataforma con el cumplimiento de las estabilidades, hay unos que no cumplen por la altura del muro que puede ocasionar una falla en la capacidad portante.

Tabla 15 Resistencias Muro 3

Combinación	Vuv	Vuh	Muv	Muh	e	emax	Volcamiento	Ff	Delizamiento	q	Capacidad Portante
Resistencia I máx	1374,01499	688,367997	6747,63562	2204,10137	0,46324261	1,88499999	Cumple	769,676528	Cumple	207,758665	No Cumple
Resistencia I mín	1034,07959	450,086767	5099,70928	1489,25768	0,27853609	1,88499999	Cumple	579,256264	Cumple	148,086823	Cumple
Resistencia II máx	1353,37499	667,187443	6636,38602	2108,78888	0,42458787	1,88499999	Cumple	758,114701	Cumple	202,273284	No Cumple
Resistencia II mín	766,259999	428,906213	4130,14139	1393,94519	0,19915432	1,88499999	Cumple	429,232822	Cumple	107,293911	Cumple
E. Extremo I máx	1335,31499	698,301358	6539,04262	2323,27185	0,61286421	1,88499999	Cumple	934,997628	Cumple	211,475699	No Cumple
E. Extremo I mín	995,379599	460,020129	4891,11628	1608,42816	0,47207414	1,88499999	Cumple	696,972299	Cumple	150,909942	Cumple
Servicio I	1022,84399	450,086767	4986,48497	1429,68737	0,29263922	1,88499999	Cumple	572,962463	Cumple	147,071884	Cumple

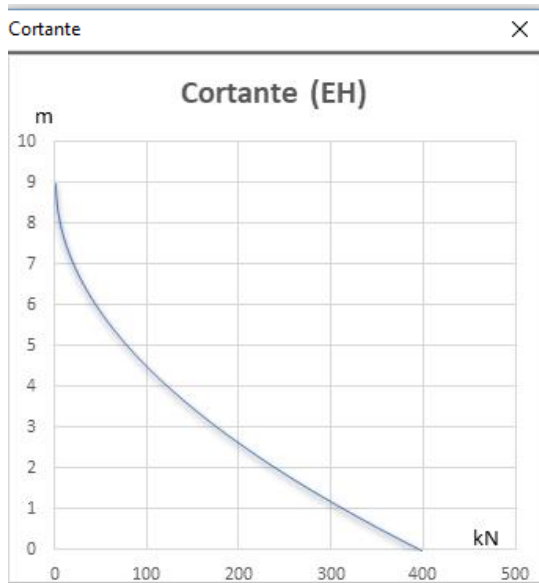
Fuente: Propia

Figura 54 Momento



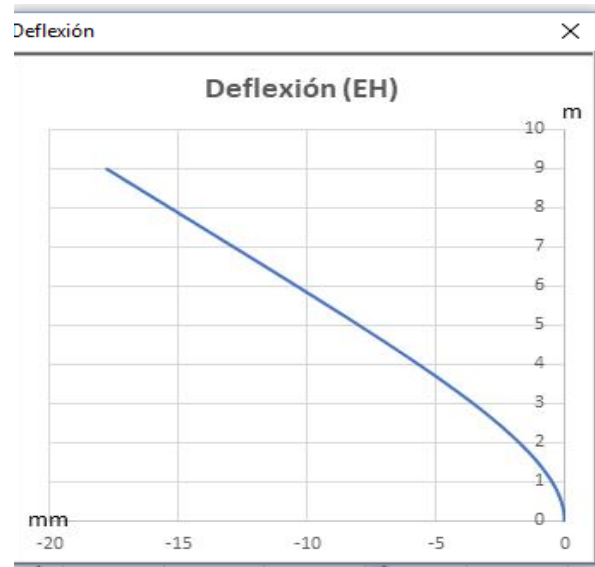
Fuente: Propia

Figura 55 Cortante



Fuente: Propia

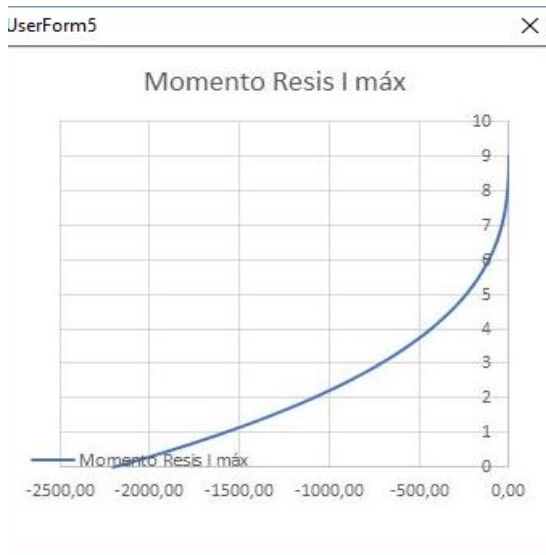
Figura 56 Deflexión



Fuente: Propia

Graficas de momento, cortante y deflexión de la combinación horizontal.

Figura 57 Momento resistencia I máx.



Fuente: Propia

Figura 58 Cortante resistencia I máx.

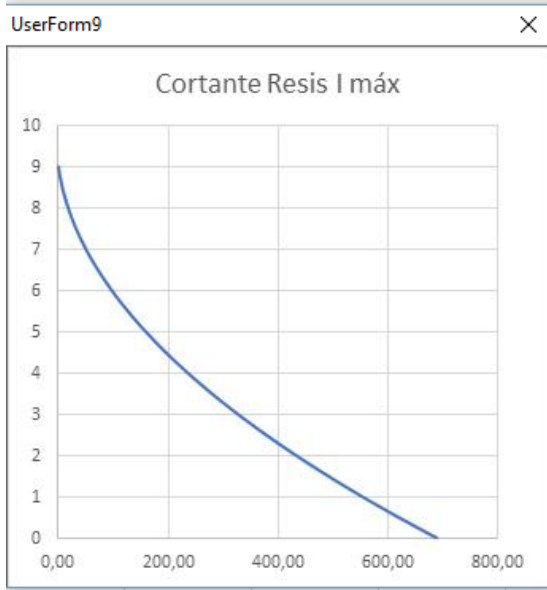
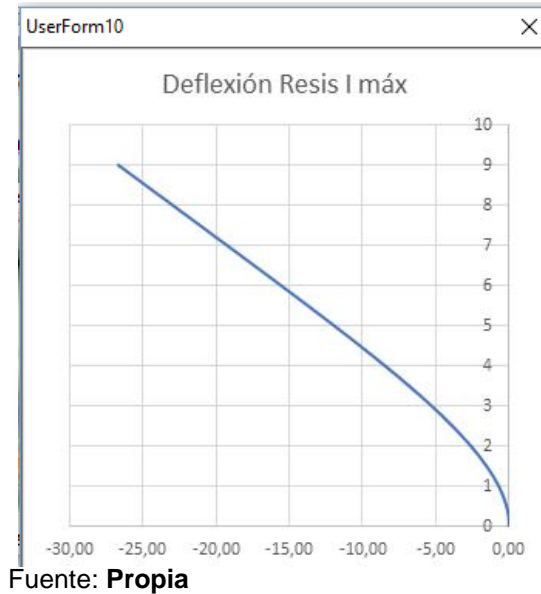


Figura 59 Deflexión resistencia I máx.

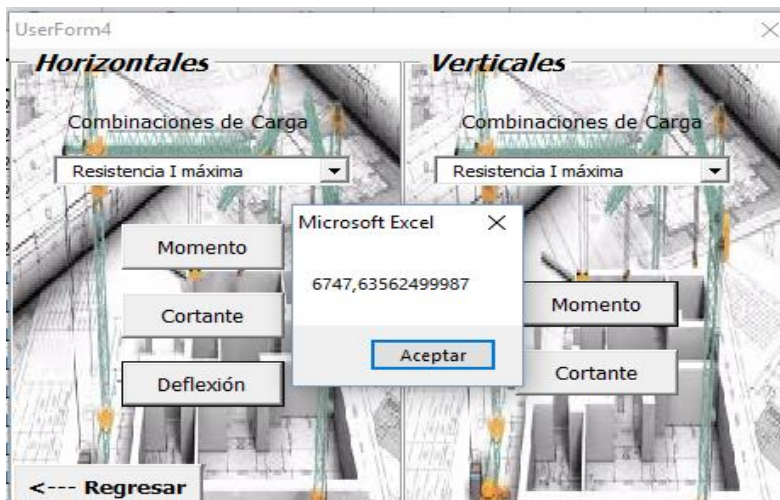


Fuente: Propia

Fuente: Propia

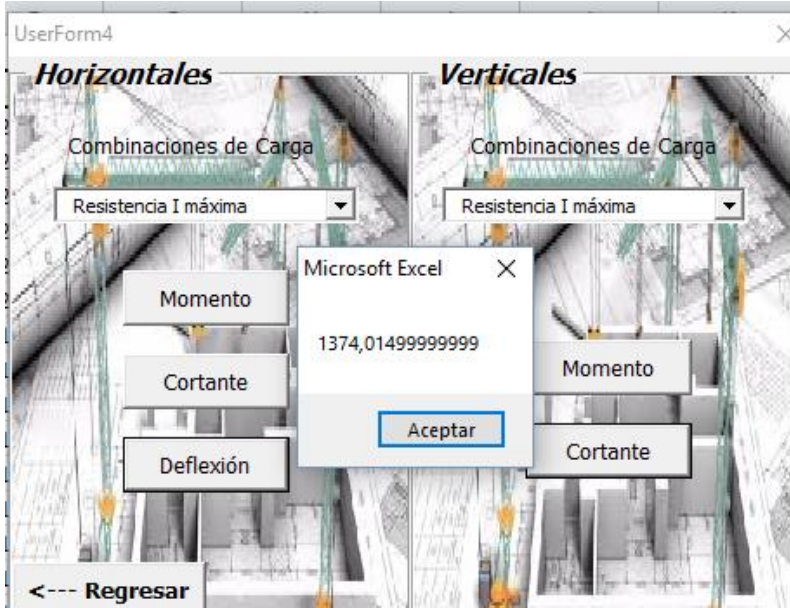
Resultados de momento y cortante de la combinación vertical.

Figura 60 Resultados de momento combinación vertical



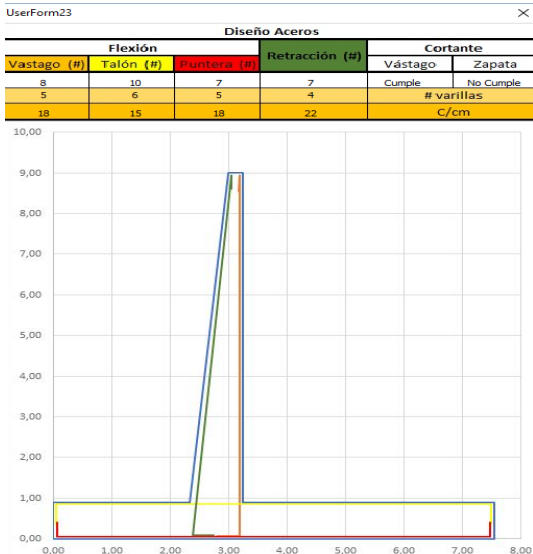
Fuente: Propia

Figura 61 Resultados de la cortante de vertical combinación vertical




Fuente: Propia

Figura 62 Aceros



Fuente: Propia

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---


De acuerdo con la altura del muro tiene un comportamiento diferente que causa resultados alternos la cual se genera riesgos mayores como el no cumplir la estabilidad, es considerado tomar alturas no tan altas para un mejor manejo.

Según su altura los resultados pueden variar como las dimensiones la cual serán mayores o menores, como se puede comprobar en el análisis anterior.

A mayor altura las gráficas de las cargas van a subir en un grado alto de resistencia, dependiendo del caso de carga que utilice para el muro.

Las combinaciones horizontales y verticales varían de acuerdo con la altura y sus dimensiones ya que tienen una alta resistencia de acuerdo con las gráficas. Pueden generarse otros cambios dependiendo del tipo de suelo de fundición y su región.

Los aceros varían en los muros de acuerdo con las dimensiones es decir que necesitan más refuerzo en unos muros más que otros tanto el número de la varilla y la cantidad van variando.


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con el trabajo desarrollado se pueden emitir las siguientes conclusiones y recomendaciones:


6.1 CONCLUSIONES

- Se desarrolló e implemento con éxito una rutina para el análisis y diseño de muros en voladizo de concreto reforzado.
- Con el manejo del programa se puede hacer el diseño estructural de muros de contención en voladizo de concreto reforzado de forma fácil y rápida, debido a que en la rutina desarrollada se incluyen todos los principios de la ingeniería estructural (estática, análisis y diseño en concreto) necesarios para el diseño de este tipo de elementos.
- El diseño realizado por el programa es función del material (resistencia a compresión del concreto), la geometría del muro (altura y ancho de zapata) y características del suelo de fundación (capacidad del estrato portante y características del relleno).
- De acuerdo con los resultados obtenidos, las secciones de concreto son mayores en función directamente proporcional a la altura del muro. De igual forma, las cuantías de acero de refuerzo también son directamente proporcionales a la altura del elemento estructural. Todo lo anterior está en completa concordancia con la teoría de análisis y diseño estructural de muros de contención.
- El programa desarrollado está en la capacidad de hacer análisis de estabilidad de muros (volcamiento, deslizamiento y capacidad portante).
- De acuerdo con los valores obtenidos en la aplicación del programa, se valida la rutina desarrollada.
- Finalmente, la gran ventaja de la rutina desarrollada es que se encuentra en concordancia con las indicaciones de la Norma Colombiana de puentes LRFD (CCP-14), razón por la cual está completamente actualizada de acuerdo con la normatividad vigente.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en voladizo de concreto reforzado, de acuerdo con la Norma Colombiana de Puentes – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---


6.2 RECOMENDACIONES

- El desarrollo de herramientas digitales es de alta importancia en la ingeniería civil, por tal motivo es necesario seguir implementando rutinas que permitan automatizar procesos de análisis y diseño de estructuras de concreto reforzado. Por tanto, se recomienda seguir con la aplicación de métodos numéricos que permitan dicho desarrollo.
- Es necesario continuar con el objeto del presente trabajo de grado, para de esta forma desarrollar rutinas más eficientes de análisis y diseño de estructuras de concreto reforzado.
- Se recomienda no manipular datos del libro de Excel ya que puede dañar o modificar las imágenes o las gráficas del programa y de esta forma se estarían alterando los resultados obtenidos.
- Se debe tener presente que el programa diseña muros en voladizo según las especificaciones que están presentes en la Norma Colombiana de diseño de puentes LRFD CCP-14. Por tal motivo se recomienda seguir desarrollando la herramienta, de tal forma que se incluyan nuevas consideraciones de diseño (por ejemplo, el código colombiano de construcciones sísmo resistentes NSR-10) y se amplie el rango de aplicación de esta.


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en voladizo de concreto reforzado, de acuerdo con la norma colombiana de puentes – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

BIBLIOGRAFÍA

1. AIS, Asociación de ingeniería sísmica-. *Norma Colombiana de puentes LFRD-CCP 14*. Bogotá: s.n., 2014.
2. Officials-AASHTO, American Association of State Highway and Transportation. *AASHTO LRFD-AASHTO*. Washington D.C.: s.n., 2012.
3. AIS, Asociación colombiana de ingeniería sísmica -. *Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente*. Bogotá D.C.: s.n., 2010.
4. García Segura, Vicente. *Ejecución de fábricas para revestir*. Antequera, España: IC Editorial, 2013.
5. Mc Cormac, Jack y Brown, Russell. *Diseño de Concreto Reforzado*. México D.F. : Alfaomega, 2011.
6. Andrade, Andrés Merizalde. Estudio del desazolve y muro de protección del estero cañas junto al recinto cien familias, Cantón Balao (tesis). Guayaquil, Ecuador : Universidad laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, 2013.
7. Merizalde Andrade, Andrés. Estudio del desazolve y muro de protección del Estero Cañas junto al Recinto Cien Familias, Cantón Balao (tesis). Guayaquil , Ecuador : Universidad laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, 2013.
8. Nilson, Arthur. *Diseño de Estructuras de Concreto*. Bogotá D.C. : McGrawhill, 2001.
9. —. *Diseño de estructuras de concreto*. Bogotá D.C. : McGraw-Hill, 2001.
10. McCormac, Jack y Brown, Russell. *Diseño de concreto reforzado*. México D.F.: Alfaomega, 2011.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

11. Segura, Jorge. *Estructuras de concreto I*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia, 2011.
12. —. *Estructuras de Concreto*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia, 2011.
13. Llopiz, Carlos Ricardo. *Hormigón II*. Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo, 2008.
14. Muzás Labad, Fernando. *Muros pantalla (tesis)*. Madrid, España : CEDEX, 2003.
15. Callejas Quezada, Francisco Israel. *Procedimiento constructivo de muro pantalla (tesis)*. *Procedimiento constructivo de muro pantalla (tesis)*. México D.F., México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2011.
16. Alzate Sayago, Andrés Felipe y Munera Guerra, Luis Miguel. *Eafit. eafit*. [En línea] 2011.
https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/5106/MuneraGuerra_LuisMiguel_2011.pdf?sequence=1.
17. Romanel y bustamante. *Estudio del comportamiento de un muro de gravedad sometido a cargas originadas por un sismo en peru*. [En línea] 2011.
<http://geoserver.ing.puc.cl/info/conferences/PanAm2011/panam2011/pdfs/GEO11Paper771.pdf>.
18. Gómez, Herney Gustavo. *Metodología de diseño y cálculo estructural para muros de contención con contrafuertes en el trasdos, basados en un programa de cómputo*. [En línea] 2013.
<https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/53/1/METODOLOGIA%20DE%20DISEÑO%20Y%20CÁLCULO%20ESTRUCTURAL%20PARA%20MUROS%20DE%20CONTENCION%20CON%20CONTRAFUERTE-%20PROGRAMA%20.pdf>.
19. Valenzuela, Juan. *Diseño sísmico de muros de estructuras. Diseño sísmico de muros de contención- apuntes de clase*.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

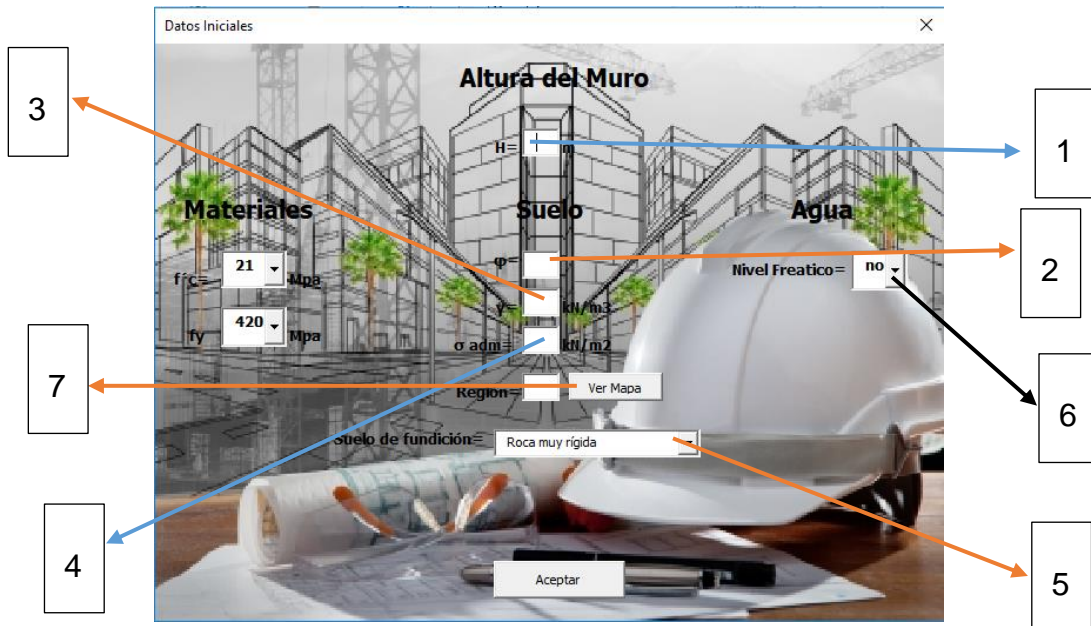
20. SECCION 20. DISEÑO ESTRUCTURAL DE MUROS DE CONTENCIÓN.
SECCION 20. DISEÑO ESTRUCTURAL DE MUROS DE CONTENCIÓN. [En línea]
file:///C:/Users/sala1/Downloads/SECCI%C3%93N%2020%20DISE%C3%91O%20
ESTRUCTURAL%20DE%20MUROS%20DE%20CONTENCIÓN.pdf.

21. Montoya Vallecilla, Jorge Olmedo. *Diseño de estructuras de concreto reforzado I: Un enfoque básico.* Ibagué : Universidad de Ibagué, 2015. I.

22. Ordoñez, Alberto. Muros de Contención. *Muros de Contención.* [En línea]
<http://tarwi.lamolina.edu.pe/~tvelasquez/MUROS.pdf>.

ANEXOS

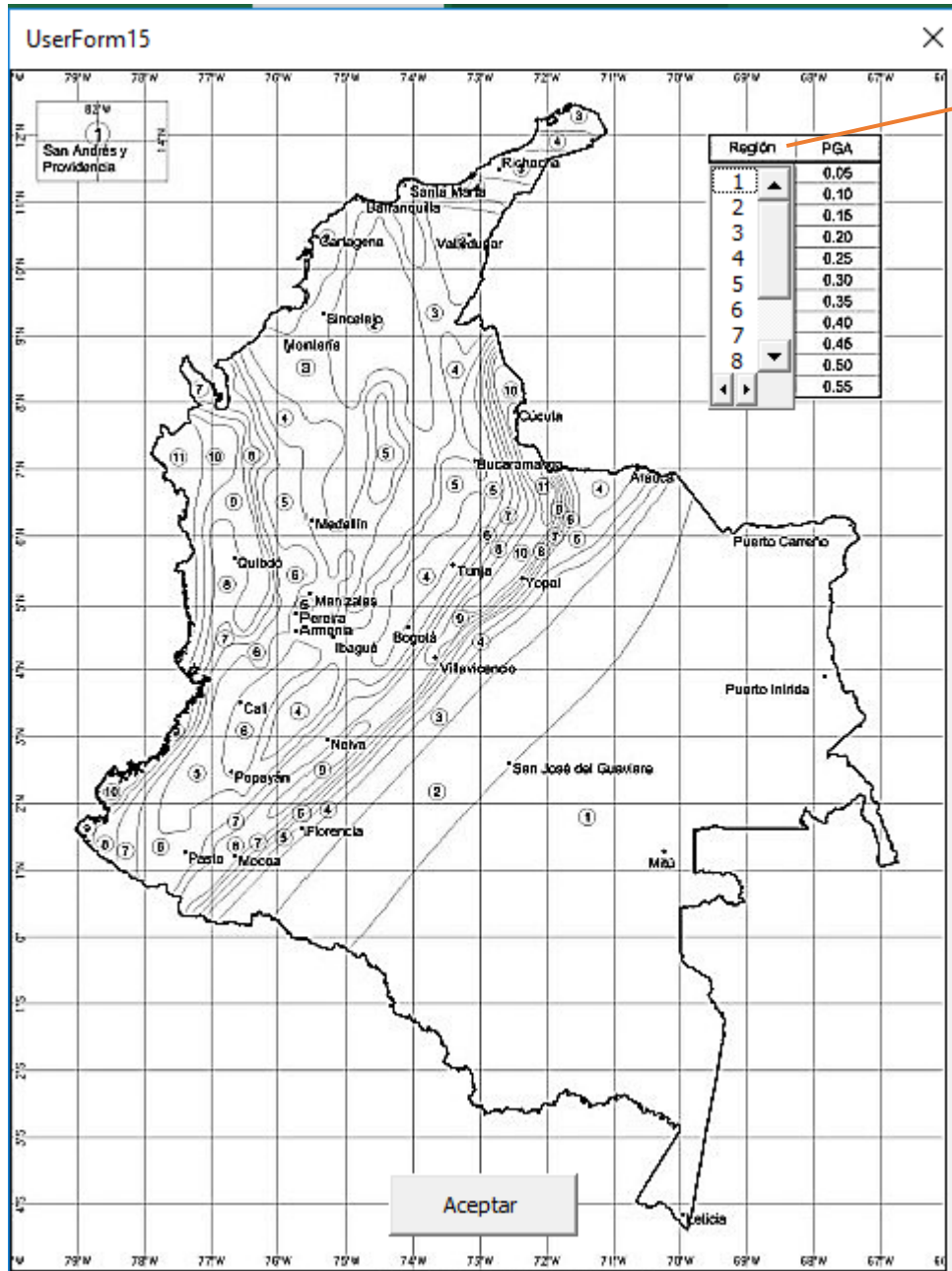
ANEXO A. MANUAL DEL SOTWARE



El usuario pondrá los datos iniciales con sus respectivas indicaciones de acuerdo con lo que necesite.

- 1) Ingresar dato de la altura (H).
- 2) Ingresar dato del ángulo de fricción
- 3) Ingresar dato del gamma del terreno γ
- 4) Ingresar dato del esfuerzo admisible
- 5) Escoger un tipo de suelo de fundación.

- 6) Indicar si existe agua en el suelo de relleno o no, si escoge la opción si ingresar la altura del nivel freático del agua.
- 7) Escoger la región sísmica:



8) Indicar la región del lugar donde se contruira el muro.



9

9) Dar click en aceptar para captar todos los datos y proceder al siguiente formulario.

Predimensionamiento

Estabilidad Análisis Acerca de

Predimensionamiento

Datos Iniciales

$f'c = 21$	$\phi = 20$	$\sigma_{adm} = 200$
$f_y = 420$	$\gamma = 20$	NF = -

Suelo De Función = Roca muy

Predimensionamiento

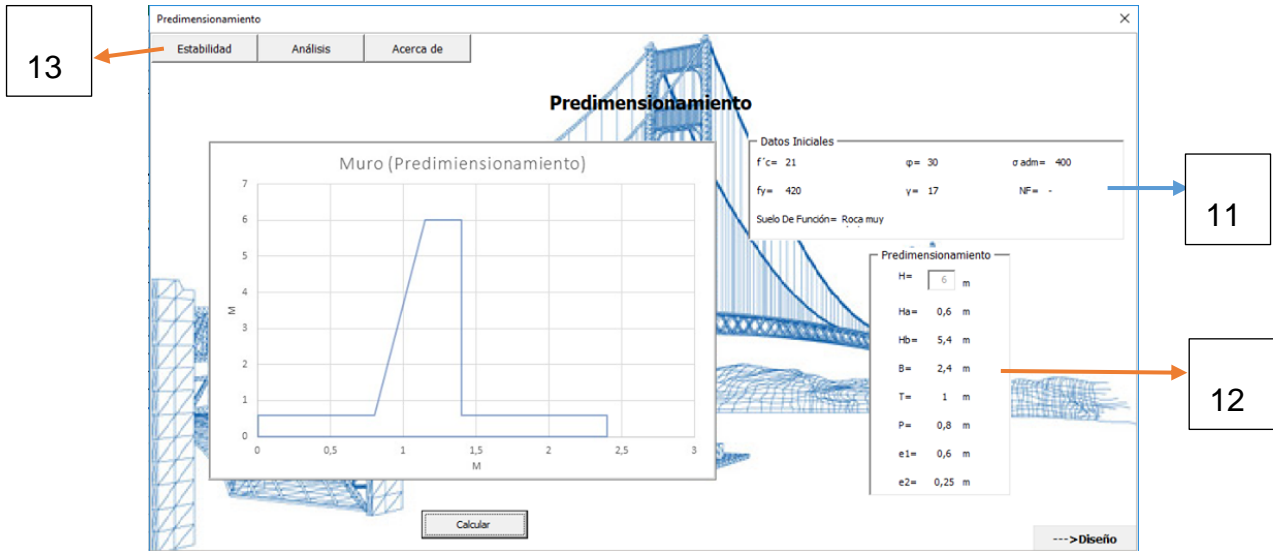
H =	<input type="text" value="10"/>	m
H _a =		m
H _b =		m
B =		m
T =		m
P =		m
e ₁ =		m
e ₂ =		m

Calcular

10

Activar Windows --->Diseño

10) Dar click en calcular para observar el predimensionamiento del muro.



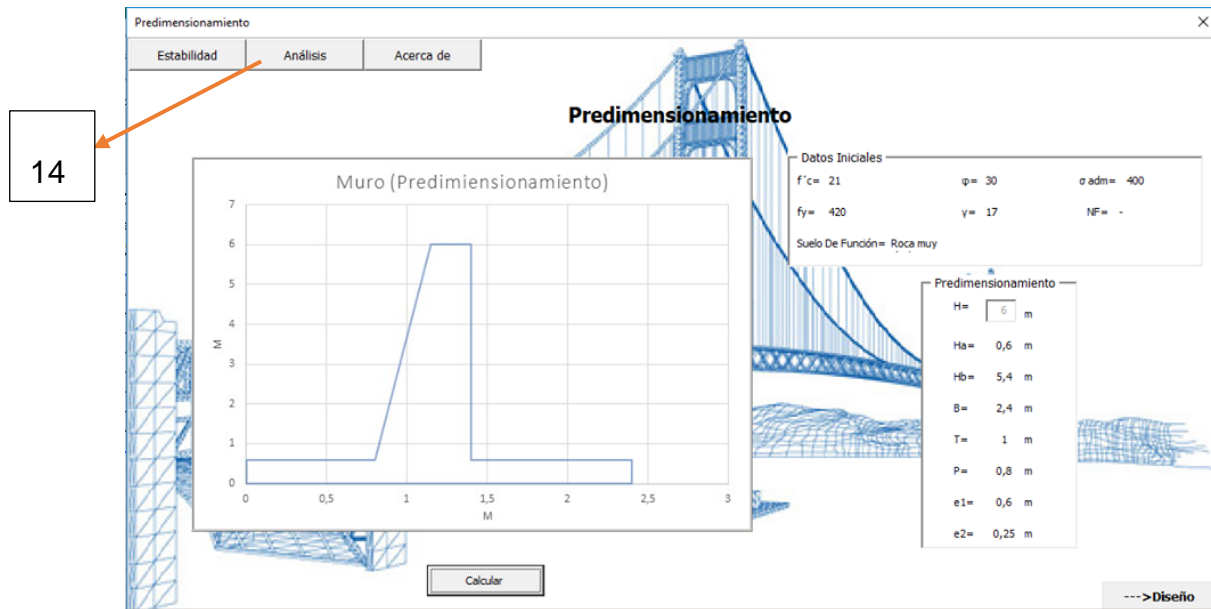
11) Cuadro de los datos iniciales dados en el formulario anterior.

12) Cuadro de las dimensiones del muro.

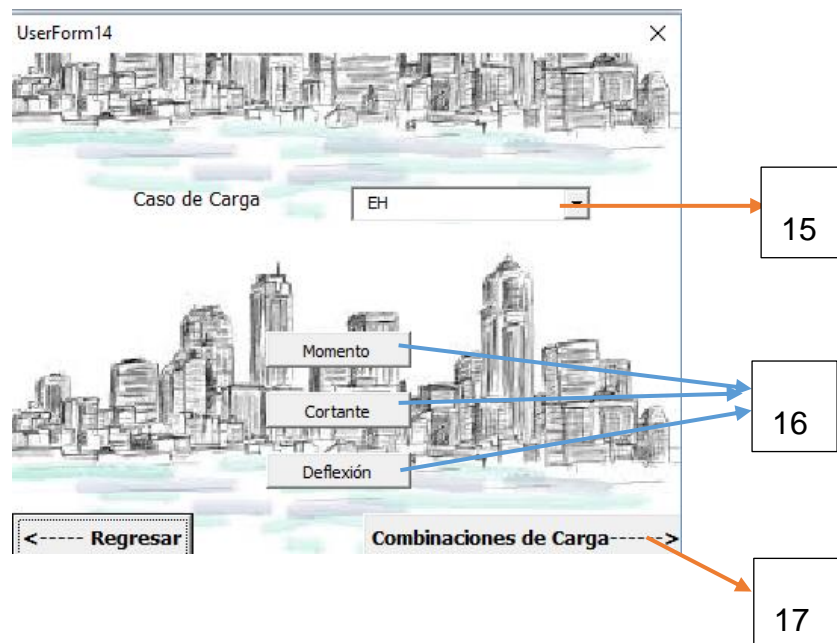
13) Dar click para observar el análisis de estabilidad después de haber dado click en el botón calcular, donde se observara un formulario con la tabla de análisis de estabilidad.

UserForm3 X

Combinación	Vuv	Vuh	Muv	Muh	e	emax	Volcamiento	Ff	Delizamiento	q	Capacidad Portante
Resistencia I máx	798,747999	553,047792	3109,69917	1584,61920	0,91066192	1,40999999	Cumple	509,348049	No Cumple	209,168824	No Cumple
Resistencia I mín	600,407199	364,776203	2349,41343	1082,56163	0,71001231	1,40999999	Cumple	398,244271	Cumple	142,277417	Cumple
Resistencia II máx	786,491999	534,220634	3056,22215	1509,31057	0,85315025	1,40999999	Cumple	502,482655	No Cumple	199,936981	Cumple
Resistencia II mín	409,043999	345,949044	1784,79531	1007,25300	0,91912303	1,40999999	Cumple	291,049107	No Cumple	107,593496	Cumple
E. Extremo I máx	775,767999	605,115154	3009,42977	1909,37970	1,40198576	1,40999999	Cumple	605,115154	Cumple	273,540271	No Cumple
E. Extremo I mín	577,427199	416,843565	2249,14403	1407,32213	1,36211594	1,40999999	Cumple	466,235431	Cumple	198,036050	Cumple
Servicio I	597,327999	360,853879	2305,93749	1025,03420	0,67561151	1,40999999	Cumple	396,519408	Cumple	139,277002	Cumple



14) Dar click para dirigirse al formulario de análisis de cargas y combinaciones.

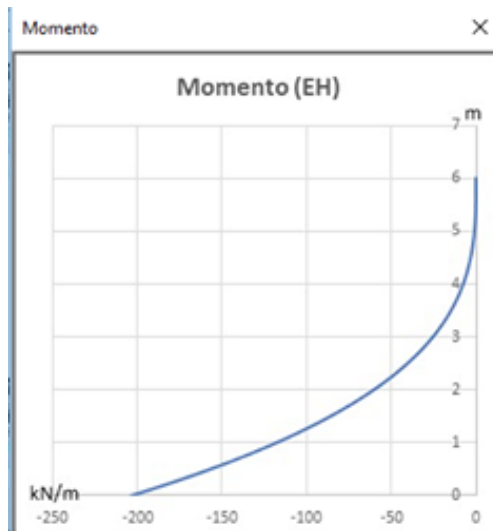


15) Escoger un caso de carga

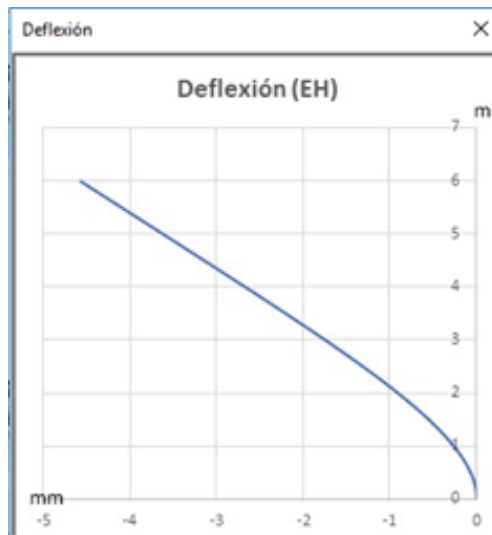
- 16) Click en alguno de los tres botones y observar el diagrama de cortante, momento y deflexión según el caso de carga escogido.



Grafica de cortante

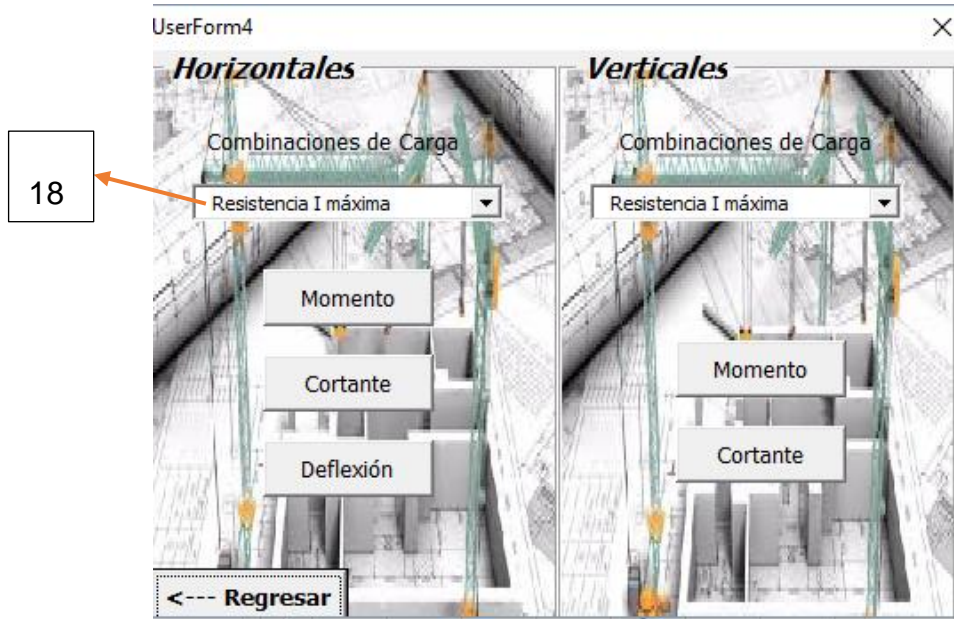


Grafica de Momento

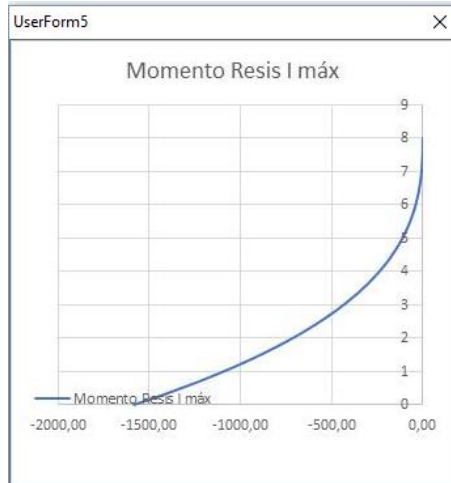


Grafica de Deflexión

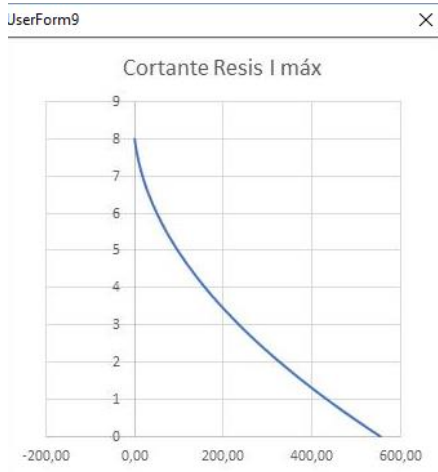
17) Click para dirigirse al formulario de las combinaciones de carga



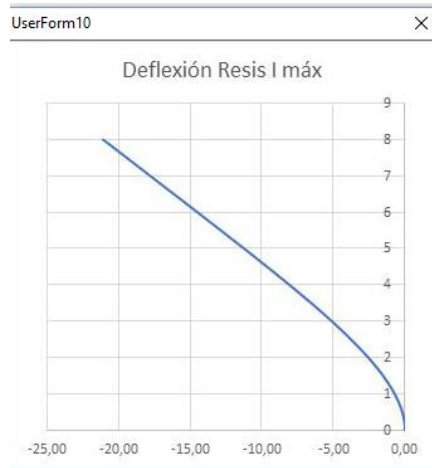
18) Escoger una combinación de carga horizontal y observar sus diagramas.



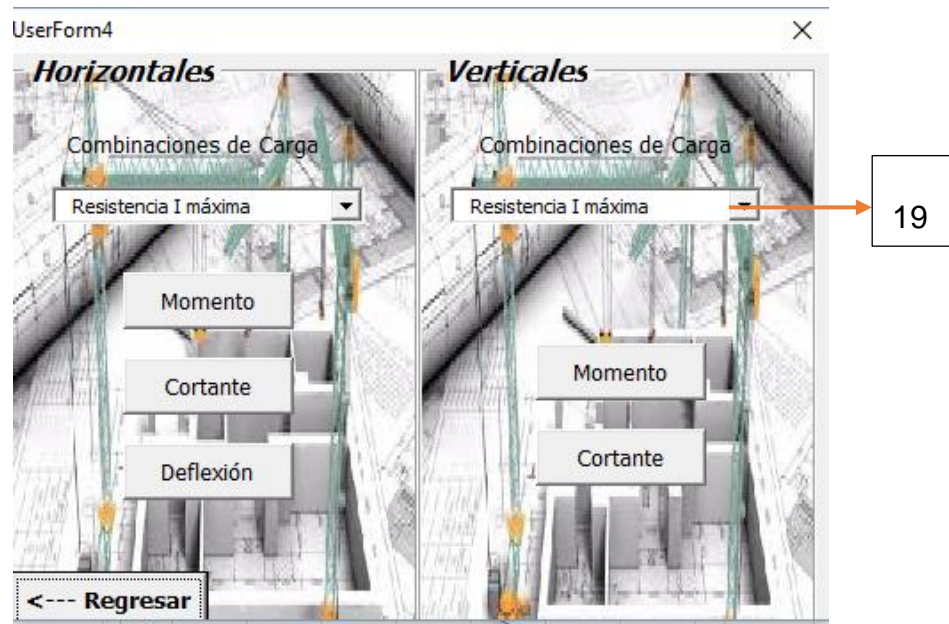
Gráfica de momento



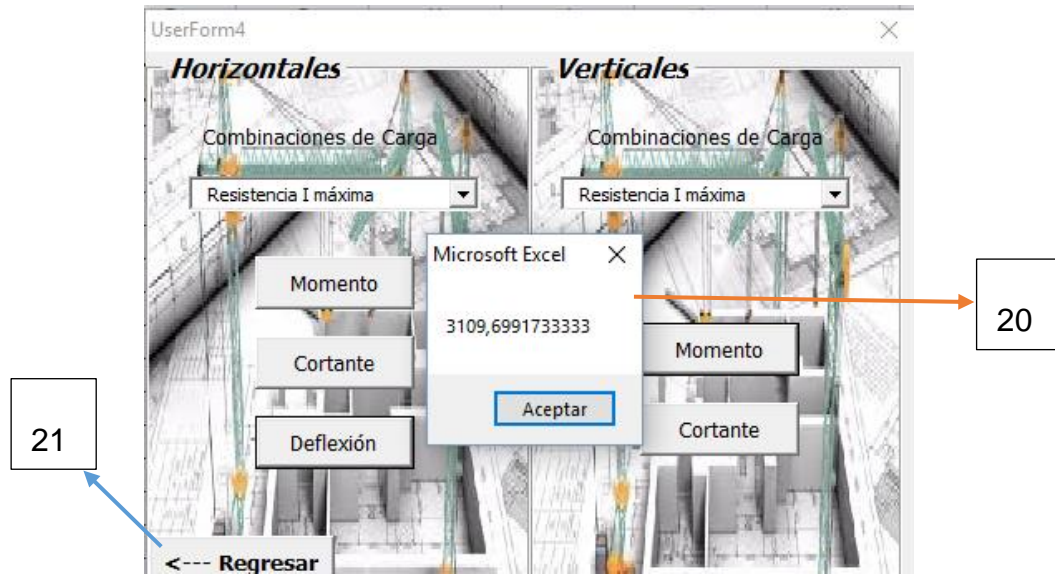
Gráfica de cortante



Gráfica de deflexión

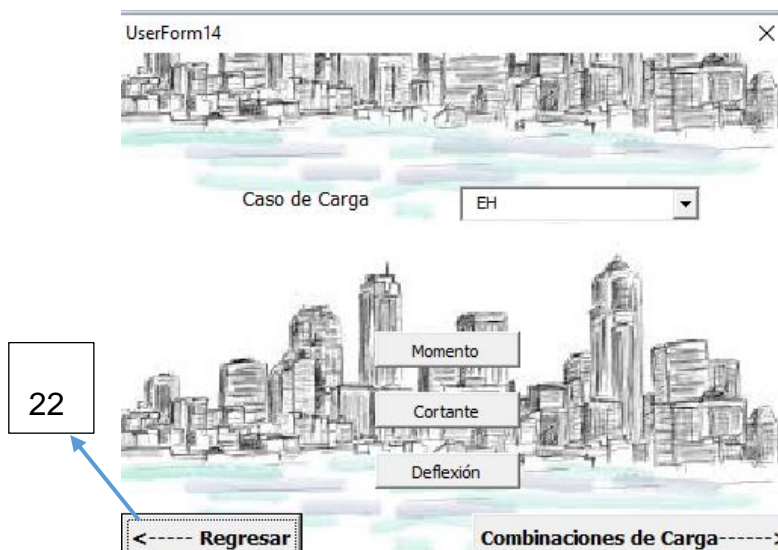


- 19) Escoger una combinación de carga vertical y dar click en el botón de momento y cortante.

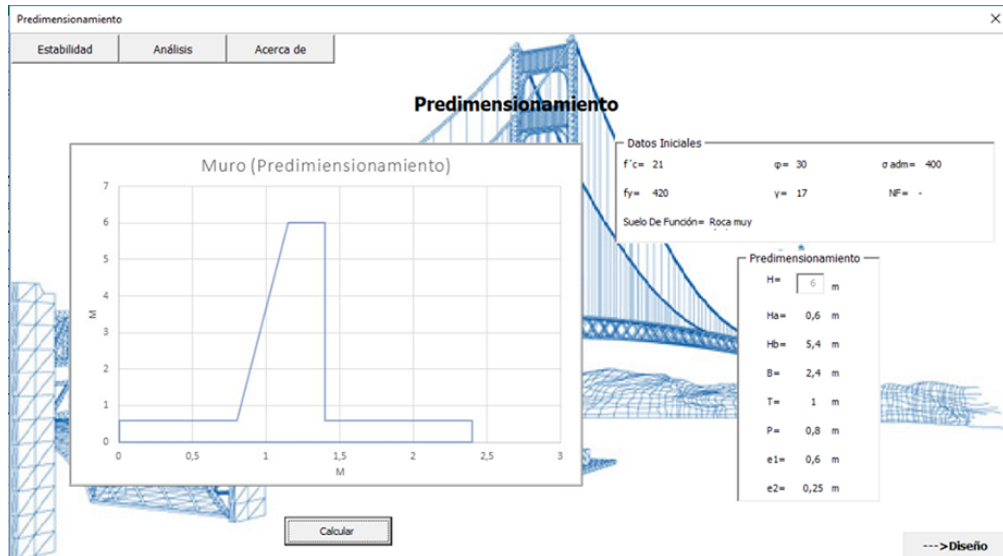


20) Cuadro de mensaje con el valor del momento o cortante de la combinación de carga escogida.

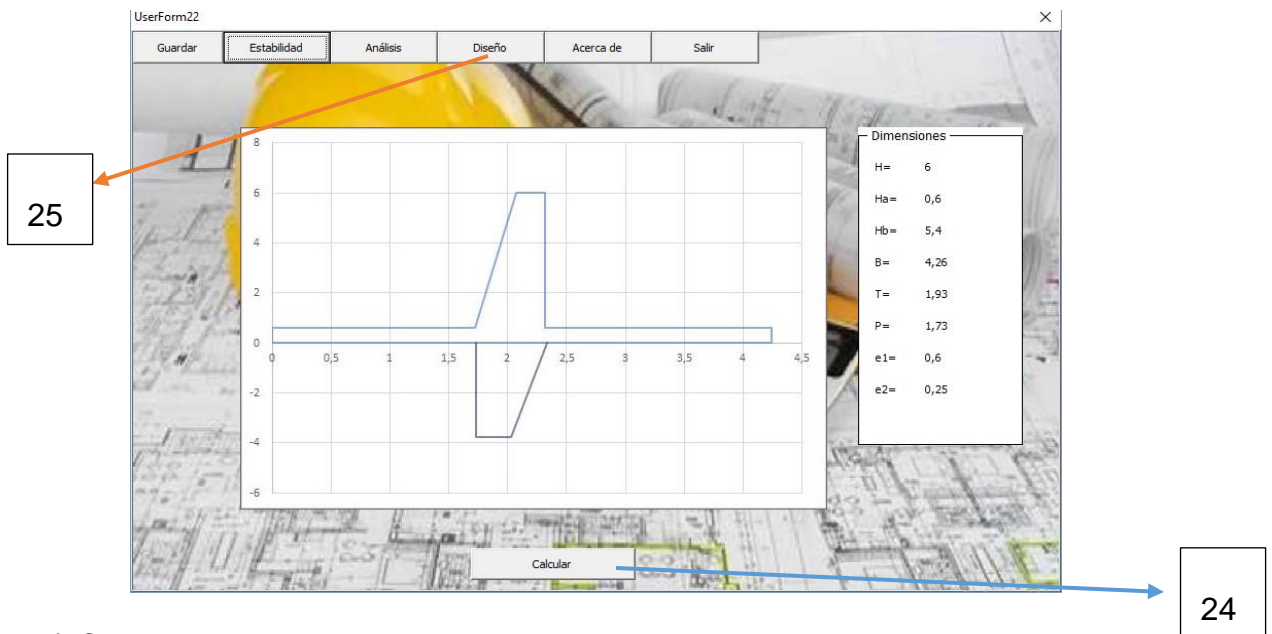
21) Click para regresar al formulario de los casos de carga.



22) Click para regresar el formulario de predimensinamiento del muro.

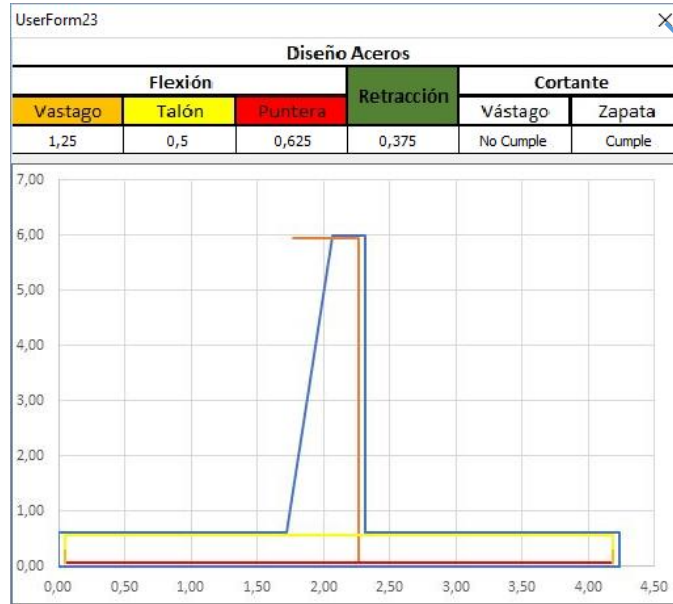


23). Después de calcular las dimensiones del muro y observar sus análisis, dar click en el botón para proceder al siguiente formulario de diseño.



24) Click para calcular las dimensiones reales del muro.

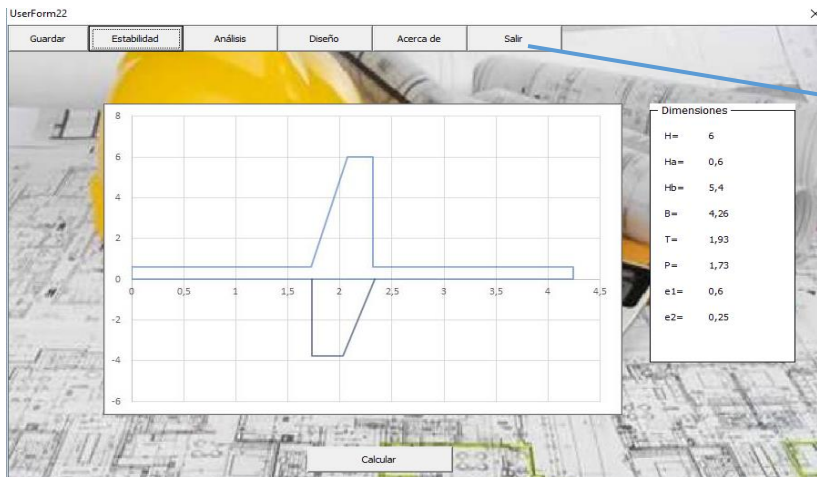
25) Click para observar el formulario de diseño del muro, donde se mostrará los aceros que se requieren para este.



26


En este formulario se observará el numero de varillas que se necesitan para el muro, también el dimetro de los varillas y su separación.

26) Click para cerrar el formulario de diseño




27

27) Click para salir del programa y finalizar.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

ANEXO B. LIBRO DE EXCEL

Libro de Excel el cual contiene el programa.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

ANEXO C. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN

- Este código se utilizó para predimensionar el muro con el dato de entrada de la altura (H):

```
Dim B As Double
Dim P As Double
Dim Ha As Double
Dim e1 As Double
Dim e2 As Double
Dim T As Double
Dim Hb As Double
Dim H As Double
H = UserForm1.TextBox5. Value
```

```
If H <= 10 And H >= 1.5 Then
b = H * 0.4
```

```

If H / 10 < 0.25 Then
Ha = 0.25
Else: Ha = H / 10
End If
If H / 10 < 0.25 Then
e1 = 0.25
Else: e1 = H / 10
End If
P = b / 3
If (b - P - e1) < 0.25 Then
T = b / 3
P = b - T - e1
Else: P = b / 3
T = (b - P - e1)
End If
e2 = 0.25
Hb = H - Ha
Else: MsgBox ("Escriba un valor entre 1.5m a 10 m")
```

```
End If
If H = 0 Then
b = 0
P = 0
Ha = 0
e1 = 0
T = 0
e2 = 0
Hb = 0
End If
Label10.Caption = Ha
Label11.Caption = Hb
Label12.Caption = b
Label14.Caption = P
Label13.Caption = T
Label15.Caption = e1
Label16.Caption = e2

'Coordenadas'
Hoja1.Cells(5, 3) = b
Hoja1.Cells(6, 3) = b
Hoja1.Cells(6, 4) = Ha
Hoja1.Cells(7, 3) = P + e1
Hoja1.Cells(7, 4) = Ha
Hoja1.Cells(8, 3) = P + e1
Hoja1.Cells(8, 4) = H
Hoja1.Cells(9, 3) = P + e1 - e2
Hoja1.Cells(9, 4) = H
Hoja1.Cells(10, 3) = P
Hoja1.Cells(10, 4) = Ha
Hoja1.Cells(11, 4) = Ha
```

- Este Código se utilizó para calcular los momentos tanto de las cargas horizontales como verticales:

'Momento'
'EH'

Dim W As Double
Dim ka As Double
Dim q As Double
Dim fi As Double
Dim gamma As Double

Dim z As Double
Dim M As Double
Dim n As Integer

fi = UserForm1.TextBox1. Value
gamma = UserForm1.TextBox2. Value
H = UserForm1.TextBox5. Value

$ka = (1 - \sin(fi * [PI()] / 180)) / (1 + \sin(fi * [PI()] / 180))$

W = gamma * H * ka

z = 0

For n = 2 To 102

$M = -((W / 2) * (z ^ 2)) + ((W / (H * 6)) * (z ^ 3)) + (((W * H) / 2) * z) - ((W * (H ^ 2)) / 6)$

q = (W - ((W / H) * z))

Hoja2.Cells(n, 4) = M

Hoja2.Cells(n, 1) = z

Hoja2.Cells(n, 2) = q

z = z + (H / 100)

Next n

'EH'

'LS'

Dim WLS As Double

Dim heq As Double

H = UserForm1.TextBox5.Value

fi = UserForm1.TextBox1.Value

gamma = UserForm1.TextBox2.Value

$ka = (1 - \sin(fi * [PI()] / 180)) / (1 + \sin(fi * [PI()] / 180))$

If H < 1.5 Then

heq = 1500

```

Else
If H = 1.5 Then
heq = 1500
Else
If H > 1.5 And H < 3 Then
heq = 1500 - ((1000 / 3) * (H - 1.5))
Else
  If H = 3 Then
    heq = 1000
  Else
    If H > 3 And H < 6 Then
      heq = 1000 - ((400 / 3) * (H - 3))
    Else
      If H >= 6 Then
        heq = 600
      End If
    End If
  End If
End If
End If
End If
End If

z = 0
For n = 2 To 102
WLS = ka * gamma * (heq * 10 ^ (-3))
M = (WLS * H * z) - ((WLS * z ^ 2) / 2) - ((WLS * H ^ 2) / 2)
Hoja3.Cells(n, 4) = M
Hoja3.Cells(n, 1) = z
Hoja3.Cells(n, 2) = WLS
z = z + (H / 100)
Next n
'LS'


'EQ'

Dim teta As Double
Dim kae As Double
Dim kh As Double
Dim kv As Double

```


Dim A As Double
Dim PGA As Double
Dim fpga As Double
Dim WEQ As Double
Dim ft As Double

```
If UserForm1.TextBox6.Value = 1 Then  
PGA = 0.05  
Else  
If UserForm1.TextBox6.Value = 2 Then  
PGA = 0.1  
Else  
If UserForm1.TextBox6.Value = 3 Then  
PGA = 0.15  
Else  
If UserForm1.TextBox6.Value = 4 Then  
PGA = 0.2  
Else  
If UserForm1.TextBox6.Value = 5 Then  
PGA = 0.25  
Else  
If UserForm1.TextBox6.Value = 6 Then  
PGA = 0.3  
Else  
If UserForm1.TextBox6.Value = 7 Then  
PGA = 0.35  
Else  
If UserForm1.TextBox6.Value = 8 Then  
PGA = 0.4  
Else  
If UserForm1.TextBox6.Value = 9 Then  
PGA = 0.45  
Else  
If UserForm1.TextBox6.Value = 10 Then  
PGA = 0.5  
Else  
If UserForm1.TextBox6.Value = 11 Then  
PGA = 0.55
```

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

```


End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If

```

```

If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Roca
muy rígida" Then
fpga = 0.8
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Roca
rigidez media" Then
fpga = 1
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
muy rígido (Arena)" And PGA <= 0.1 Then
fpga = 1.2
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
muy rígido (Arena)" And PGA > 0.1 And PGA < 0.2 Then
fpga = 1.2
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
muy rígido (Arena)" And PGA = 0.2 Then
fpga = 1.2
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
muy rígido (Arena)" And PGA > 0.2 And PGA < 0.3 Then
fpga = 1.15
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
muy rígido (Arena)" And PGA = 0.3 Then
fpga = 1.1

```


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

```

Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
muy rígido (Arena)" And PGA > 0.3 And PGA < 0.4 Then
fpga = 1.05
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
muy rígido (Arena)" And PGA >= 0.4 Then
fpga = 1
Else

If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA <= 0.1 Then
fpga = 1.6
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA > 0.1 And PGA < 0.2 Then
fpga = 1.5
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA = 0.2 Then
fpga = 1.4
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA > 0.2 And PGA < 0.3 Then
fpga = 1.3
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA = 0.3 Then
fpga = 1.2
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA > 0.3 And PGA < 0.4 Then
fpga = 1.15
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA = 0.4 Then
fpga = 1.1
Else

```

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

```
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA > 0.4 And PGA < 0.5 Then
fpga = 1.05
Else
```

```
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
blando (Arcillas blandas)" And PGA <= 0.1 Then
fpga = 2.5
Else
```

```
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
blando (Arcillas blandas)" And PGA > 0.1 And PGA < 0.2 Then
fpga = 2.1
Else
```

```
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
blando (Arcillas blandas)" And PGA = 0.2 Then
fpga = 1.7
Else
```

```
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
blando (Arcillas blandas)" And PGA > 0.2 And PGA < 0.3 Then
fpga = 1.45
Else
```

```
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
blando (Arcillas blandas)" And PGA = 0.3 Then
fpga = 1.2
Else
```

```
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
blando (Arcillas blandas)" And PGA > 0.3 And PGA < 0.4 Then
fpga = 1.05
Else
```

```
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
blando (Arcillas blandas)" And PGA >= 0.4 Then
fpga = 0.9
```

```
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
```

End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If

H = UserForm1.TextBox5.Value
fi = UserForm1.TextBox1.Value
gamma = UserForm1.TextBox2.Value
ka = (1 - Sin(fi * [PI()] / 180)) / (1 + Sin(fi * [PI()] / 180))
A = PGA * fpga

kh = 0.5 * A

kv = 0
fi = UserForm1.TextBox1.Value
teta = Math.Atn(kh) * (180 / [PI()])

ft = fi - teta
kae = ((Cos(ft * [PI()] / 180)) ^ 2) / (((Cos(teta * [PI()] / 180)) ^ 2) * ((1 +
(Math.Sqr(((Sin(fi * [PI()] / 180)) * (Sin(ft * [PI()] / 180))) / (Cos(teta * [PI()] /
180)))))) ^ 2))

z = 0
For n = 2 To 102
WEQ = (kae - ka) * gamma * H
Hoja4.Cells(n, 2) = WEQ

$$M = ((WEQ * H * z) / 2) - ((WEQ * z^3) / (6 * H)) - ((WEQ * H^2) / 3)$$

$$\text{Hoja4.Cells}(n, 4) = M$$

$$\text{Hoja4.Cells}(n, 1) = z$$

$$z = z + (H / 100)$$

Next n

'EQ'

'DC'

Dim Xa1 As Double

Dim Xa2 As Double

Dim Xa3 As Double

Dim DC1 As Double

Dim DC2 As Double

Dim DC3 As Double

Dim Xa As Double

Ha = UserForm2.Label10

Hb = UserForm2.Label11

b = UserForm2.Label12

P = UserForm2.Label14

e1 = UserForm2.Label15

e2 = UserForm2.Label16

$$Xa1 = b / 2$$

$$Xa2 = P + ((2 * e1) / 3)$$

$$Xa3 = P + e1 - (e2 / 2)$$

$$DC1 = b * Ha * 24$$

$$DC2 = e2 * Hb * 24$$

$$DC3 = (((e1 - e2) * Hb) / 2) * 24$$

$$\text{Hoja5.Cells}(2, 16) = Xa1$$

$$\text{Hoja5.Cells}(2, 17) = Xa2$$

$$\text{Hoja5.Cells}(2, 18) = Xa3$$

$$M = (DC1 * Xa1) + (DC2 * Xa2) + (DC3 * Xa3)$$

$$Xa = (DC1 + DC2 + DC3) / M$$

Hoja5.Cells(2, 3) = M

Hoja5.Cells(2, 4) = Xa

'DC'

'EV'

gamma = UserForm1.TextBox2.Value

Hb = UserForm2.Label11

T = UserForm2.Label13

b = UserForm2.Label12

Xa = b - (T / 2)

M = T * Hb * gamma * Xa

Hoja5.Cells(3, 3) = M

Hoja5.Cells(3, 4) = Xa

'EV'

'LSv'

gamma = UserForm1.TextBox2.Value

T = UserForm2.Label13

H = UserForm1.TextBox5.Value

b = UserForm2.Label12

If H < 1.5 Then

heq = 1500

Else

If H = 1.5 Then

heq = 1500

Else

If H > 1.5 And H < 3 Then

heq = 1500 - ((1000 / 3) * (H - 1.5))

Else

If H = 3 Then

heq = 1000

Else

```

    If H > 3 And H < 6 Then
    heq = 1000 - ((400 / 3) * (H - 3))
    Else
        If H >= 6 Then
            heq = 600
        End If
    End If
End If
End If
End If
End If
Xa = b - (T / 2)
M = (heq / 1000) * gamma * T * Xa
Hoja5.Cells(4, 3) = M
Hoja5.Cells(4, 4) = Xa

'LSv'


'EH(agua)'
If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
Then
    Dim nf As Double

    gamma = UserForm1.TextBox2.Value

    nf = UserForm1.TextBox4.Value

    H = UserForm1.TextBox5.Value
    W = gamma * nf
    z = 0
    For n = 2 To 102
        If z <= nf Then
            M = (((W * z ^ 3) / (6 * nf)) - ((W * z ^ 2) / 2) + ((W * nf * z) / 2) - ((W * (nf ^
2)) / 6))
            q = -((W * z) / nf) + W
        Else
            If z > nf And z <= H Then

```


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

```

M = 0
End If
End If
Hoja6.Cells(n, 4) = M
Hoja6.Cells(n, 1) = z
Hoja6.Cells(n, 2) = q
z = z + (H / 100)
Next n
End If
'EH(agua)'
'Fin Momento'

```

- Este código se utilizó para calcular el cortante de todas las cargas:

```

'Cortante'
'EH'

```

Dim V As Double

```

fi = UserForm1.TextBox1.Value
gamma = UserForm1.TextBox2.Value
H = UserForm1.TextBox5.Value

ka = (1 - Sin(fi * [PI()] / 180)) / (1 + Sin(fi * [PI()] / 180))
W = gamma * H * ka
z = 0
For n = 2 To 102
V = -(W * z) + ((W / (2 * H)) * (z ^ 2)) + ((W * H) / 2)
q = (W - ((W * z) / H))
Hoja2.Cells(n, 3) = V
Hoja2.Cells(n, 1) = z
Hoja2.Cells(n, 2) = q
z = z + (H / 100)
Next n

```

'EH'

'LS'

```
H = UserForm1.TextBox5.Value
fi = UserForm1.TextBox1.Value
gamma = UserForm1.TextBox2.Value
ka = (1 - Sin(fi * [PI()] / 180)) / (1 + Sin(fi * [PI()] / 180))
```

```
If H < 1.5 Then
    heq = 1500
Else
    If H = 1.5 Then
        heq = 1500
    Else
        If H > 1.5 And H < 3 Then
            heq = 1500 - ((1000 / 3) * (H - 1.5))
        Else
            If H = 3 Then
                heq = 1000
            Else
                If H > 3 And H < 6 Then
                    heq = 1000 - ((400 / 3) * (H - 3))
                Else
                    If H >= 6 Then
                        heq = 600
                    End If
                End If
            End If
        End If
    End If
End If
End If
End If
End If
z = 0
For n = 2 To 102
    WLs = ka * gamma * (heq * 10 ^ (-3))
    V = (WLs * H) - (WLs * z)
```


Hoja3.Cells(n, 3) = V
Hoja3.Cells(n, 1) = z
Hoja3.Cells(n, 2) = WLS
z = z + (H / 100)
Next n
'LS'

'EQ'

If UserForm1.TextBox6.Value = 1 Then
PGA = 0.05
Else
If UserForm1.TextBox6.Value = 2 Then
PGA = 0.1
Else
If UserForm1.TextBox6.Value = 3 Then
PGA = 0.15
Else
If UserForm1.TextBox6.Value = 4 Then
PGA = 0.2
Else
If UserForm1.TextBox6.Value = 5 Then
PGA = 0.25
Else
If UserForm1.TextBox6.Value = 6 Then
PGA = 0.3
Else
If UserForm1.TextBox6.Value = 7 Then
PGA = 0.35
Else

```
If UserForm1.TextBox6.Value = 8 Then
    PGA = 0.4
Else
    If UserForm1.TextBox6.Value = 9 Then
        PGA = 0.45
    Else
        If UserForm1.TextBox6.Value = 10 Then
            PGA = 0.5
        Else
            If UserForm1.TextBox6.Value = 11 Then
                PGA = 0.55
            End If
        End If
    End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If

If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Roca
muy rígida" Then
    fpga = 0.8
Else
    If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Roca
rigidez media" Then
        fpga = 1
    Else
        If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
muy rígido (Arena)" And PGA <= 0.1 Then
            fpga = 1.2
        Else
            If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
muy rígido (Arena)" And PGA > 0.1 And PGA < 0.2 Then
                fpga = 1.2
            End If
        End If
    End If
End If
```


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

```

Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
muy rígido (Arena)" And PGA = 0.2 Then
fpga = 1.2
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
muy rígido (Arena)" And PGA > 0.2 And PGA < 0.3 Then
fpga = 1.15
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
muy rígido (Arena)" And PGA = 0.3 Then
fpga = 1.1
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
muy rígido (Arena)" And PGA > 0.3 And PGA < 0.4 Then
fpga = 1.05
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
muy rígido (Arena)" And PGA >= 0.4 Then
fpga = 1
Else

If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA <= 0.1 Then
fpga = 1.6
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA > 0.1 And PGA < 0.2 Then
fpga = 1.5
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA = 0.2 Then
fpga = 1.4
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA > 0.2 And PGA < 0.3 Then
fpga = 1.3
Else

```

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

```

If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA = 0.3 Then
fpga = 1.2
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA > 0.3 And PGA < 0.4 Then
fpga = 1.15
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA = 0.4 Then
fpga = 1.1
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA > 0.4 And PGA < 0.5 Then
fpga = 1.05
Else

If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
blando (Arcillas blandas)" And PGA <= 0.1 Then
fpga = 2.5
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
blando (Arcillas blandas)" And PGA > 0.1 And PGA < 0.2 Then
fpga = 2.1
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
blando (Arcillas blandas)" And PGA = 0.2 Then
fpga = 1.7
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
blando (Arcillas blandas)" And PGA > 0.2 And PGA < 0.3 Then
fpga = 1.45
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
blando (Arcillas blandas)" And PGA = 0.3 Then
fpga = 1.2
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
blando (Arcillas blandas)" And PGA > 0.3 And PGA < 0.4 Then

```

```

fpga = 1.05
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
blando (Arcillas blandas)" And PGA >= 0.4 Then
fpga = 0.9
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
H = UserForm1.TextBox5.Value
fi = UserForm1.TextBox1.Value
gamma = UserForm1.TextBox2.Value
ka = (1 - Sin(fi * [PI()] / 180)) / (1 + Sin(fi * [PI()] / 180))
A = PGA * fpga
kh = 0.5 * A
kv = 0
fi = UserForm1.TextBox1.Value
teta = Math.Atn(kh) * (180 / [PI()])
ft = fi - teta
    
```

$$kae = ((\text{Cos}(ft * [\text{PI}()]) / 180)) ^ 2) / (((\text{Cos}(teta * [\text{PI}()]) / 180)) ^ 2) * ((1 + (\text{Math.Sqr}(((\text{Sin}(fi * [\text{PI}()]) / 180)) * (\text{Sin}(ft * [\text{PI}()]) / 180))) / (\text{Cos}(teta * [\text{PI}()]) / 180)))) ^ 2))$$

$$\text{Hoja4.Cells}(2, 5) = kae$$

$$z = 0$$

For n = 2 To 102

$$\text{WEQ} = (kae - ka) * \text{gamma} * H$$

$$\text{Hoja4.Cells}(n, 2) = \text{WEQ}$$

$$V = ((\text{WEQ} * H) / 2) - ((\text{WEQ} * z ^ 2) / (2 * H))$$

$$\text{Hoja4.Cells}(n, 3) = V$$

$$\text{Hoja4.Cells}(n, 1) = z$$

$$z = z + (H / 100)$$

Next n

'EQ'

'DC'

$$Ha = \text{UserForm2.Label10}$$

$$Hb = \text{UserForm2.Label11}$$

$$b = \text{UserForm2.Label12}$$

$$P = \text{UserForm2.Label14}$$

$$e1 = \text{UserForm2.Label15}$$

$$e2 = \text{UserForm2.Label16}$$

$$Xa1 = b / 2$$

$$Xa2 = P + ((2 * e1) / 3)$$

$$Xa3 = P + e1 - (e1 / 2)$$

$$\text{DC1} = b * Ha * 24$$

$$\text{DC2} = e2 * Hb * 24$$

$$\text{DC3} = (((e1 - e2) * Hb) / 2) * 24$$

$$V = (\text{DC1}) + (\text{DC2}) + (\text{DC3})$$

$$\text{Hoja5.Cells}(2, 2) = V$$

'DC'

'EV'

```
gamma = UserForm1.TextBox2.Value  
Hb = UserForm2.Label11  
T = UserForm2.Label13  
b = UserForm2.Label12
```

```
Xa = b - (T / 2)  
V = T * Hb * gamma  
Hoja5.Cells(3, 2) = V  
Hoja5.Cells(3, 4) = Xa  
'EV'
```

'LSv'

```
gamma = UserForm1.TextBox2.Value  
T = UserForm2.Label13  
H = UserForm1.TextBox5.Value  
b = UserForm2.Label12
```

```
If H < 1.5 Then  
heq = 1500  
Else  
If H = 1.5 Then  
heq = 1500  
Else  
If H > 1.5 And H < 3 Then  
heq = 1500 - ((1000 / 3) * (H - 1.5))  
Else  
If H = 3 Then  
heq = 1000  
Else  
If H > 3 And H < 6 Then  
heq = 1000 - ((400 / 3) * (H - 3))  
Else  
If H >= 6 Then  
heq = 600  
End If
```

```
End If
End If
End If
End If
End If
```

```
Hoja5.Cells(1, 20) = heq
Xa = b - (T / 2)
V = (heq / 1000) * gamma * T
Hoja5.Cells(4, 2) = V
Hoja5.Cells(4, 4) = Xa
```

```
'LSv'
```

```
'EH(agua)'
```

```
If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
Then
```

```
gamma = UserForm1.TextBox2.Value
nf = UserForm1.TextBox4.Value
H = UserForm1.TextBox5.Value
W = gamma * nf
z = 0
For n = 2 To 102
  If z <= nf Then
    V = (((W * z ^ 2) / (2 * nf)) - (W * z) + ((W * nf) / 2))
    q = -((W * z) / nf) + W
  Else
    If z > nf And z <= H Then
      V = 0
      q = 0
    End If
  End If
  Hoja6.Cells(n, 3) = V
  Hoja6.Cells(n, 1) = z
  Hoja6.Cells(n, 2) = q
  z = z + (H / 100)
```

```

Next n
End If
'EH(agua)'
'Fin Cortante'

```

- En el siguiente código se calculó la deflexión:

'Deflexión'

'EH'

```

Dim d As Double
Dim f'c As Double
Dim e As Double
Dim l As Double

```

```

fi = UserForm1.TextBox1.Value
gamma = UserForm1.TextBox2.Value
H = UserForm1.TextBox5.Value
e1 = UserForm2.Label15.Caption
f'c = UserForm1.ComboBox1.Value

```

```

e = (3900 * Math.Sqrt(f'c)) * 1000
l = (1 * (e1 ^ 3)) / 12
ka = (1 - Sin(fi * [PI()] / 180)) / (1 + Sin(fi * [PI()] / 180))
W = gamma * H * ka
z = 0
For n = 2 To 102
d = (((-(W / 24) * (z ^ 4)) + ((W / (H * 120)) * (z ^ 5)) + (((W * H) / 12) * (z ^ 3))
- (((W * (H ^ 2)) / 12) * (z ^ 2)))) * (1 / (e * l))) * 1000
q = (W - ((W / H) * z))
Hoja2.Cells(n, 5) = d
Hoja2.Cells(n, 1) = z
Hoja2.Cells(n, 2) = q
z = z + (H / 100)
Next n
'EH'

```

'LS'

```

e1 = UserForm2.Label15.Caption

```

$f'c = \text{UserForm1.ComboBox1.Value}$

$e = (3900 * \text{Math.Sqrt}(f'c)) * 1000$
 $l = (1 * (e1 \wedge 3)) / 12$

$H = \text{UserForm1.TextBox5.Value}$
 $fi = \text{UserForm1.TextBox1.Value}$
 $\text{gamma} = \text{UserForm1.TextBox2.Value}$
 $ka = (1 - \text{Sin}(fi * [\text{PI}()] / 180)) / (1 + \text{Sin}(fi * [\text{PI}()] / 180))$

If $H < 1.5$ Then
 $\text{heq} = 1500$
Else
If $H = 1.5$ Then
 $\text{heq} = 1500$
Else
If $H > 1.5$ And $H < 3$ Then
 $\text{heq} = 1500 - ((1000 / 3) * (H - 1.5))$
Else
 If $H = 3$ Then
 $\text{heq} = 1000$
 Else
 If $H > 3$ And $H < 6$ Then
 $\text{heq} = 1000 - ((400 / 3) * (H - 3))$
 Else
 If $H \geq 6$ Then
 $\text{heq} = 600$
 End If
 End If
 End If
End If
End If
End If
End If
 $z = 0$
For $n = 2$ To 102
 $\text{WLs} = ka * \text{gamma} * (\text{heq} * 10 \wedge (-3))$
 $d = (((\text{WLs} * H * (z \wedge 3)) / 6) - ((\text{WLs} * (z \wedge 4)) / 24) - ((\text{WLs} * (H \wedge 2) * (z \wedge 2)) / 4)) * (1 / (e * l))$
 $\text{Hoja3.Cells}(n, 5) = d$

Hoja3.Cells(n, 1) = z
Hoja3.Cells(n, 2) = WLS
z = z + (H / 100)
Next n


'LS'

'EQ'

```
If UserForm1.TextBox6.Value = 1 Then
  PGA = 0.05
Else
  If UserForm1.TextBox6.Value = 2 Then
    PGA = 0.1
  Else
    If UserForm1.TextBox6.Value = 3 Then
      PGA = 0.15
    Else
      If UserForm1.TextBox6.Value = 4 Then
        PGA = 0.2
      Else
        If UserForm1.TextBox6.Value = 5 Then
          PGA = 0.25
        Else
          If UserForm1.TextBox6.Value = 6 Then
            PGA = 0.3
          Else
            If UserForm1.TextBox6.Value = 7 Then
              PGA = 0.35
            Else
```

```
If UserForm1.TextBox6.Value = 8 Then
    PGA = 0.4
Else
    If UserForm1.TextBox6.Value = 9 Then
        PGA = 0.45
    Else
        If UserForm1.TextBox6.Value = 10 Then
            PGA = 0.5
        Else
            If UserForm1.TextBox6.Value = 11 Then
                PGA = 0.55
            End If
        End If
    End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If

If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Roca
muy rígida" Then
    fpga = 0.8
Else
    If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Roca
rigidez media" Then
        fpga = 1
    Else
        If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
muy rígido (Arena)" And PGA <= 0.1 Then
            fpga = 1.2
        Else
            If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
muy rígido (Arena)" And PGA > 0.1 And PGA < 0.2 Then
                fpga = 1.2
            End If
        End If
    End If
End If
```


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)	FECHA: 2018 VERSIÓN 1
---	--	--

```

Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
muy rígido (Arena)" And PGA = 0.2 Then
fpga = 1.2
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
muy rígido (Arena)" And PGA > 0.2 And PGA < 0.3 Then
fpga = 1.15
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
muy rígido (Arena)" And PGA = 0.3 Then
fpga = 1.1
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
muy rígido (Arena)" And PGA > 0.3 And PGA < 0.4 Then
fpga = 1.05
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
muy rígido (Arena)" And PGA >= 0.4 Then
fpga = 1
Else

If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA <= 0.1 Then
fpga = 1.6
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA > 0.1 And PGA < 0.2 Then
fpga = 1.5
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA = 0.2 Then
fpga = 1.4
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA > 0.2 And PGA < 0.3 Then
fpga = 1.3
Else

```

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

```

If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA = 0.3 Then
fpga = 1.2
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA > 0.3 And PGA < 0.4 Then
fpga = 1.15
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA = 0.4 Then
fpga = 1.1
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
rigidez media" And PGA > 0.4 And PGA < 0.5 Then
fpga = 1.05
Else

If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
blando (Arcillas blandas)" And PGA <= 0.1 Then
fpga = 2.5
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
blando (Arcillas blandas)" And PGA > 0.1 And PGA < 0.2 Then
fpga = 2.1
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
blando (Arcillas blandas)" And PGA = 0.2 Then
fpga = 1.7
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
blando (Arcillas blandas)" And PGA > 0.2 And PGA < 0.3 Then
fpga = 1.45
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
blando (Arcillas blandas)" And PGA = 0.3 Then
fpga = 1.2
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
blando (Arcillas blandas)" And PGA > 0.3 And PGA < 0.4 Then

```



```

fpga = 1.05
Else
If UserForm1.ComboBox4.List(UserForm1.ComboBox4.ListIndex) = "Suelo
blando (Arcillas blandas)" And PGA >= 0.4 Then
fpga = 0.9
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If

H = UserForm1.TextBox5.Value
fi = UserForm1.TextBox1.Value
gamma = UserForm1.TextBox2.Value
ka = (1 - Sin(fi * [PI()] / 180)) / (1 + Sin(fi * [PI()] / 180))
A = PGA * fpga
kh = 0.5 * A
kv = 0
fi = UserForm1.TextBox1.Value
e1 = UserForm2.Label15.Caption

```

```
f'c = UserForm1.ComboBox1.Value
```

```
e = (3900 * Math.Sqrt(f'c)) * 1000
```

```
l = (1 * (e1 ^ 3)) / 12
```

```
teta = Math.Atn(kh) * (180 / [PI()])
```

```
ft = fi - teta
```

```
kae = ((Cos(ft * [PI()] / 180)) ^ 2) / (((Cos(teta * [PI()] / 180)) ^ 2) * ((1 +  
(Math.Sqrt(((Sin(fi * [PI()] / 180)) * (Sin(ft * [PI()] / 180))) / (Cos(teta * [PI()] /  
180)))))) ^ 2))
```

```
Hoja4.Cells(2, 6) = kae
```

```
z = 0
```

```
For n = 2 To 102
```

```
WEQ = (kae - ka) * gamma * H
```

```
Hoja4.Cells(n, 2) = WEQ
```

```
d = (((WEQ * H * (z ^ 3)) / 12) - ((WEQ * z ^ 5) / (120 * H)) - ((WEQ * (H ^ 2) *  
(z ^ 2)) / 6)) * (1 / (e * l))
```

```
Hoja4.Cells(n, 5) = d
```

```
Hoja4.Cells(n, 1) = z
```

```
z = z + (H / 100)
```

```
Next n
```

```
'EQ'
```

```
'EH (agua)'
```

```
If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
```

```
Then
```

```
Dim d1 As Double
```

```
e1 = UserForm2.Label15.Caption
```

```
f'c = UserForm1.ComboBox1.Value
```

```
e = (3900 * Math.Sqrt(f'c)) * 1000
```

```
l = (1 * (e1 ^ 3)) / 12
```


```
gamma = UserForm1.TextBox2.Value
```

```
nf = UserForm1.TextBox4.Value
```

```
H = UserForm1.TextBox5.Value
```

```
W = gamma * nf
```

```
z = 0
```

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

```

For n = 2 To 102
  If z <= nf Then
    d = (((W * z ^ 5) / (120 * nf)) - ((W * z ^ 4) / 24) + ((W * nf * z ^ 3) / 12) - ((W * (nf ^ 2) * (z ^ 2)) / 12)) * (1 / (e * l))
    q = -((W * z) / nf) + W
  Else
    If z > nf And z <= H Then
      d = -((W * (nf ^ 3) * z) / 30) * (1 / (e * l))
      q = 0
    End If
  End If

```

```

Hoja6.Cells(n, 5) = d
Hoja6.Cells(n, 1) = z
Hoja6.Cells(n, 2) = q
z = z + (H / 100)
Next n
End If
'EH (agua)'
'Fin Deflexión'

```

- Con las cargas que se obtuvieron anteriormente en donde se le calculo su momento, cortante y deflexión se realiza las combinaciones de carga según la norma CCP-14:

```

Dim EH As Double
Dim LS As Double
Dim EQ As Double
Dim Ccarga As Double
Dim EHagua As Double

```

'Momento Inicio'

'Resistencia I máx'

```

For n = 2 To 102
  EH = Hoja2.Cells(n, 4)
  LS = Hoja3.Cells(n, 4)
  EQ = Hoja4.Cells(n, 4)
  If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
  Then

```

```

EHagua = Hoja6.Cells(n, 4)
Else: EHagua = 0
End If
Ccarga = 1.5 * EH + 1.5 * EHagua + 1.75 * LS
n = n + 1
Hoja7.Cells(n, 2) = Ccarga
n = n - 1
Next n
'Resistencia I máx'
'Resistencia I mín'
For n = 2 To 102
EH = Hoja2.Cells(n, 4)
LS = Hoja3.Cells(n, 4)
EQ = Hoja4.Cells(n, 4)
If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
Then
EHagua = Hoja6.Cells(n, 4)
Else: EHagua = 0
End If
Ccarga = 0.9 * EH + 0.9 * EHagua + 1.75 * LS
n = n + 1
Hoja7.Cells(n, 3) = Ccarga
n = n - 1
Next n
'Resistencia I mín'
'Resistencia II máx'
For n = 2 To 102
EH = Hoja2.Cells(n, 4)
LS = Hoja3.Cells(n, 4)
EQ = Hoja4.Cells(n, 4)
If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
Then
EHagua = Hoja6.Cells(n, 4)
Else: EHagua = 0
End If
Ccarga = 1.5 * EH + 1.5 * EHagua + 1.35 * LS
n = n + 1
Hoja7.Cells(n, 4) = Ccarga
n = n - 1

```


```
Next n
'Resistencia II máx'
'Resistencia II mín'
  For n = 2 To 102
    EH = Hoja2.Cells(n, 4)
    LS = Hoja3.Cells(n, 4)
    EQ = Hoja4.Cells(n, 4)
    If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
    Then
      EHagua = Hoja6.Cells(n, 4)
    Else: EHagua = 0
    End If
    Ccarga = 0.9 * EH + 0.9 * EHagua + 1.35 * LS
    n = n + 1
    Hoja7.Cells(n, 5) = Ccarga
    n = n - 1
  Next n
'Resistencia II mín'
'EE I máx'
  For n = 2 To 102
    EH = Hoja2.Cells(n, 4)
    LS = Hoja3.Cells(n, 4)
    EQ = Hoja4.Cells(n, 4)
    If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
    Then
      EHagua = Hoja6.Cells(n, 4)
    Else: EHagua = 0
    End If
    Ccarga = 1.5 * EH + 1.5 * EHagua + LS + EQ
    n = n + 1
    Hoja7.Cells(n, 6) = Ccarga
    n = n - 1
  Next n
'Resistencia II mín'
'EE I mín'
  For n = 2 To 102
    EH = Hoja2.Cells(n, 4)
    LS = Hoja3.Cells(n, 4)
    EQ = Hoja4.Cells(n, 4)
```

```

If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
Then
EHagua = Hoja6.Cells(n, 4)
Else: EHagua = 0
End If
    Ccarga = 0.9 * EH + 0.9 * EHagua + LS + EQ
    n = n + 1
    Hoja7.Cells(n, 7) = Ccarga
    n = n - 1
    Next n
'EE I mín'
'Servicio I'
    For n = 2 To 102
    EH = Hoja2.Cells(n, 4)
    LS = Hoja3.Cells(n, 4)
    EQ = Hoja4.Cells(n, 4)
    If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
    Then
    EHagua = Hoja6.Cells(n, 4)
    Else: EHagua = 0
    End If
    Ccarga = EH + EHagua + LS
    n = n + 1
    Hoja7.Cells(n, 8) = Ccarga
    n = n - 1

    Next n
'Servicio I'
'Momento Fin'
'Cortante Inicio'
'Resistencia I máx'
    For n = 2 To 102
    EH = Hoja2.Cells(n, 3)
    LS = Hoja3.Cells(n, 3)
    EQ = Hoja4.Cells(n, 3)
    If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
    Then
    EHagua = Hoja6.Cells(n, 3)

```

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

Else: EHagua = 0

End If

Ccarga = 1.5 * EH + 1.5 * EHagua + 1.75 * LS

n = n + 1

Hoja7.Cells(n, 11) = Ccarga

n = n - 1

Next n

'Resistencia I máx'

'Resistencia I mín'

For n = 2 To 102

EH = Hoja2.Cells(n, 3)

LS = Hoja3.Cells(n, 3)

EQ = Hoja4.Cells(n, 3)

If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"

Then

EHagua = Hoja6.Cells(n, 3)

Else: EHagua = 0

End If

Ccarga = 0.9 * EH + 0.9 * EHagua + 1.75 * LS

n = n + 1

Hoja7.Cells(n, 12) = Ccarga

n = n - 1

Next n

'Resistencia I mín'

'Resistencia II máx'

For n = 2 To 102

EH = Hoja2.Cells(n, 3)

LS = Hoja3.Cells(n, 3)

EQ = Hoja4.Cells(n, 3)

If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"

Then

EHagua = Hoja6.Cells(n, 3)

Else: EHagua = 0

End If

Ccarga = 1.5 * EH + 1.5 * EHagua + 1.35 * LS

n = n + 1

Hoja7.Cells(n, 13) = Ccarga

n = n - 1

Next n
'Resistencia II máx'

```
For n = 2 To 102
EH = Hoja2.Cells(n, 3)
LS = Hoja3.Cells(n, 3)
EQ = Hoja4.Cells(n, 3)
If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
Then
EHagua = Hoja6.Cells(n, 3)
Else: EHagua = 0
End If
Ccarga = 0.9 * EH + 0.9 * EHagua + 1.35 * LS
n = n + 1
Hoja7.Cells(n, 14) = Ccarga
n = n - 1
Next n
For n = 2 To 102
EH = Hoja2.Cells(n, 3)
LS = Hoja3.Cells(n, 3)
EQ = Hoja4.Cells(n, 3)
If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
Then
EHagua = Hoja6.Cells(n, 3)
Else: EHagua = 0
End If
Ccarga = 1.5 * EH + 1.5 * EHagua + LS + EQ
n = n + 1
Hoja7.Cells(n, 15) = Ccarga
n = n - 1
Next n
For n = 2 To 102
EH = Hoja2.Cells(n, 3)
LS = Hoja3.Cells(n, 3)
EQ = Hoja4.Cells(n, 3)
If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
Then
EHagua = Hoja6.Cells(n, 3)
Else: EHagua = 0
```



```
End If
  Ccarga = 0.9 * EH + 0.9 * EHagua + LS + EQ
  n = n + 1
  Hoja7.Cells(n, 16) = Ccarga
  n = n - 1
Next n
  For n = 2 To 102
    EH = Hoja2.Cells(n, 3)
    LS = Hoja3.Cells(n, 3)
    EQ = Hoja4.Cells(n, 3)
    If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
    Then
      EHagua = Hoja6.Cells(n, 3)
    Else: EHagua = 0
    End If
    Ccarga = EH + EHagua + LS
    n = n + 1
    Hoja7.Cells(n, 17) = Ccarga
    n = n - 1

  Next n

For n = 2 To 102
EH = Hoja2.Cells(n, 5)
LS = Hoja3.Cells(n, 5)
EQ = Hoja4.Cells(n, 5)
If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
Then
EHagua = Hoja6.Cells(n, 5)
Else: EHagua = 0
End If

  Ccarga = 1.5 * EH + 1.5 * EHagua + 1.75 * LS
  n = n + 1
  Hoja7.Cells(n, 20) = Ccarga
  n = n - 1
Next n
For n = 2 To 102
```

```
EH = Hoja2.Cells(n, 5)
LS = Hoja3.Cells(n, 5)
EQ = Hoja4.Cells(n, 5)
If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
Then
EHagua = Hoja6.Cells(n, 5)
Else: EHagua = 0
End If
  Ccarga = 0.9 * EH + 0.9 * EHagua + 1.75 * LS
  n = n + 1
  Hoja7.Cells(n, 21) = Ccarga
  n = n - 1
  Next n
  For n = 2 To 102
EH = Hoja2.Cells(n, 5)
LS = Hoja3.Cells(n, 5)
EQ = Hoja4.Cells(n, 5)
If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
Then
EHagua = Hoja6.Cells(n, 5)
Else: EHagua = 0
End If
  Ccarga = 1.5 * EH + 1.5 * EHagua + 1.35 * LS
  n = n + 1
  Hoja7.Cells(n, 22) = Ccarga
  n = n - 1
  Next n
  For n = 2 To 102
EH = Hoja2.Cells(n, 5)
LS = Hoja3.Cells(n, 5)
EQ = Hoja4.Cells(n, 5)
If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
Then
EHagua = Hoja6.Cells(n, 5)
Else: EHagua = 0
End If
  Ccarga = 0.9 * EH + 0.9 * EHagua + 1.35 * LS
  n = n + 1
  Hoja7.Cells(n, 23) = Ccarga
```

```
n = n - 1
Next n
For n = 2 To 102
EH = Hoja2.Cells(n, 5)
LS = Hoja3.Cells(n, 5)
EQ = Hoja4.Cells(n, 5)
If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
Then
EHagua = Hoja6.Cells(n, 5)
Else: EHagua = 0
End If
Carga = 1.5 * EH + 1.5 * EHagua + LS + EQ
n = n + 1
Hoja7.Cells(n, 24) = Carga
n = n - 1
Next n
For n = 2 To 102
EH = Hoja2.Cells(n, 5)
LS = Hoja3.Cells(n, 5)
EQ = Hoja4.Cells(n, 5)
If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
Then
EHagua = Hoja6.Cells(n, 5)
Else: EHagua = 0
End If
Carga = 0.9 * EH + 0.9 * EHagua + LS + EQ
n = n + 1
Hoja7.Cells(n, 25) = Carga
n = n - 1
Next n
For n = 2 To 102
EH = Hoja2.Cells(n, 5)
LS = Hoja3.Cells(n, 5)
EQ = Hoja4.Cells(n, 5)
If UserForm1.ComboBox3.List(UserForm1.ComboBox3.ListIndex) = "si"
Then
EHagua = Hoja6.Cells(n, 5)
Else: EHagua = 0
End If
```

$$C_{carga} = EH + EH_{agua} + LS$$

$$n = n + 1$$

$$Hoja7.Cells(n, 26) = C_{carga}$$

$$n = n - 1$$

Next n

Dim DC As Double
Dim EV As Double
Dim LSv As Double
Dim carga As Double
Dim carga1 As Double
Dim carga2 As Double
Dim carga3 As Double
Dim carga4 As Double
Dim carga5 As Double
Dim carga6 As Double

$$DC = Hoja5.Cells(2, 3)$$

$$EV = Hoja5.Cells(3, 3)$$

$$LSv = Hoja5.Cells(4, 3)$$

$$carga = 1.25 * DC + 1.35 * EV + 1.75 * LSv$$


$$Hoja5.Cells(8, 2) = carga$$

$$carga1 = 0.9 * DC + EV + 1.75 * LSv$$

$$Hoja5.Cells(8, 3) = carga1$$

$$carga2 = 1.25 * DC + 1.35 * EV + 1.35 * LSv$$

$$Hoja5.Cells(8, 4) = carga2$$

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en voladizo de concreto reforzado, de acuerdo con la norma colombiana de puentes – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

carga3 = 0.9 * EH + EV + 1.35 * LSv
Hoja5.Cells(8, 5) = carga3

carga4 = 1.25 * DC + 1.35 * EV + LSv
Hoja5.Cells(8, 6) = carga4


carga5 = 0.9 * DC + EV + LSv
Hoja5.Cells(8, 7) = carga5

carga6 = DC + EV + LSv
Hoja5.Cells(8, 8) = carga6

Dim carga7 As Double
Dim carga8 As Double
Dim carga9 As Double
Dim carga10 As Double
Dim carga11 As Double
Dim carga12 As Double
Dim carga13 As Double

DC = Hoja5.Cells(2, 2)
EV = Hoja5.Cells(3, 2)
LSv = Hoja5.Cells(4, 2)

carga7 = 1.25 * DC + 1.35 * EV + 1.75 * LSv
Hoja5.Cells(8, 11) = carga7

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

$$\text{carga8} = 0.9 * \text{DC} + \text{EV} + 1.75 * \text{LSv}$$

$$\text{Hoja5.Cells}(8, 12) = \text{carga8}$$

$$\text{carga9} = 1.25 * \text{DC} + 1.35 * \text{EV} + 1.35 * \text{LSv}$$

$$\text{Hoja5.Cells}(8, 13) = \text{carga9}$$

$$\text{carga10} = 0.9 * \text{EH} + \text{EV} + 1.35 * \text{LSv}$$

$$\text{Hoja5.Cells}(8, 14) = \text{carga10}$$

$$\text{carga11} = 1.25 * \text{DC} + 1.35 * \text{EV} + \text{LSv}$$

$$\text{Hoja5.Cells}(8, 15) = \text{carga11}$$

$$\text{carga12} = 0.9 * \text{DC} + \text{EV} + \text{LSv}$$

$$\text{Hoja5.Cells}(8, 16) = \text{carga12}$$

$$\text{carga13} = \text{DC} + \text{EV} + \text{LSv}$$

$$\text{Hoja5.Cells}(8, 17) = \text{carga13}$$

- Se evaluó y se verificó el comportamiento del muro tanto como para la estabilidad, el deslizamiento y la capacidad portante de la siguiente manera:

'Estabilidad'

Dim X1 As Double

Dim X2 As Double

Dim X3 As Double

Dim X4 As Double

Dim X5 As Double

Dim X6 As Double

Dim X7 As Double

$$X1 = (\text{Abs}(\text{Hoja5.Cells}(8, 2)) - \text{Abs}(\text{Hoja7.Cells}(3, 2))) / \text{Hoja5.Cells}(8, 11)$$

$$X2 = (\text{Abs}(\text{Hoja5.Cells}(8, 3)) - \text{Abs}(\text{Hoja7.Cells}(3, 3))) / \text{Hoja5.Cells}(8, 12)$$

$$X3 = (\text{Abs}(\text{Hoja5.Cells}(8, 4)) - \text{Abs}(\text{Hoja7.Cells}(3, 4))) / \text{Hoja5.Cells}(8, 13)$$

$$X4 = (\text{Abs}(\text{Hoja5.Cells}(8, 5)) - \text{Abs}(\text{Hoja7.Cells}(3, 5))) / \text{Hoja5.Cells}(8, 14)$$

$$X5 = (\text{Abs}(\text{Hoja5.Cells}(8, 6)) - \text{Abs}(\text{Hoja7.Cells}(3, 6))) / \text{Hoja5.Cells}(8, 15)$$

$$X6 = (\text{Abs}(\text{Hoja5.Cells}(8, 7)) - \text{Abs}(\text{Hoja7.Cells}(3, 7))) / \text{Hoja5.Cells}(8, 16)$$

$$X7 = (\text{Abs}(\text{Hoja5.Cells}(8, 8)) - \text{Abs}(\text{Hoja7.Cells}(3, 8))) / \text{Hoja5.Cells}(8, 17)$$

Dim e8 As Double

Dim e9 As Double

Dim e3 As Double

Dim e4 As Double

Dim e5 As Double

Dim e6 As Double

Dim e7 As Double

b = UserForm2.Label12

$$e3 = \text{Abs}((b / 2) - \text{Abs}(X1))$$

$$\text{Hoja8.Cells}(2, 6) = e3$$

$$e4 = \text{Abs}((b / 2) - \text{Abs}(X2))$$

$$\text{Hoja8.Cells}(3, 6) = e4$$

$$e5 = \text{Abs}((b / 2) - \text{Abs}(X3))$$

$$\text{Hoja8.Cells}(4, 6) = e5$$

$$e6 = \text{Abs}((b / 2) - \text{Abs}(X4))$$

$$\text{Hoja8.Cells}(5, 6) = e6$$

$$e7 = \text{Abs}((b / 2) - \text{Abs}(X5))$$

$$\text{Hoja8.Cells}(6, 6) = e7$$

$$e8 = \text{Abs}((b / 2) - \text{Abs}(X6))$$

$$\text{Hoja8.Cells}(7, 6) = e8$$

$$e9 = \text{Abs}((b / 2) - \text{Abs}(X7))$$

$$\text{Hoja8.Cells}(8, 6) = e9$$

Dim emax1 As Double

Dim emax2 As Double

Dim emax3 As Double

Dim emax4 As Double
Dim emax5 As Double
Dim emax6 As Double
Dim emax7 As Double
b = UserForm2.Label12

emax1 = b / 4
Hoja8.Cells(2, 7) = emax1

emax2 = b / 4
Hoja8.Cells(3, 7) = emax2

emax3 = b / 4
Hoja8.Cells(4, 7) = emax3

emax4 = b / 4
Hoja8.Cells(5, 7) = emax4

emax5 = b / 4
Hoja8.Cells(6, 7) = emax5

emax6 = b / 4
Hoja8.Cells(7, 7) = emax6

emax7 = b / 4
Hoja8.Cells(8, 7) = emax7

If e3 <= emax1 Then
Hoja8.Cells(2, 8) = "Cumple"
Else: Hoja8.Cells(2, 8) = "No Cumple"
End If
If e4 <= emax2 Then
Hoja8.Cells(3, 8) = "Cumple"
Else: Hoja8.Cells(3, 8) = "No Cumple"
End If
If e5 <= emax3 Then
Hoja8.Cells(4, 8) = "Cumple"
Else: Hoja8.Cells(4, 8) = "No Cumple"


```
End If
  If e6 <= emax4 Then
  Hoja8.Cells(5, 8) = "Cumple"
  Else: Hoja8.Cells(5, 8) = "No Cumple"
  End If
  If e7 <= emax5 Then
  Hoja8.Cells(6, 8) = "Cumple"
  Else: Hoja8.Cells(6, 8) = "No Cumple"
```


```
End If
  If e8 <= emax6 Then
  Hoja8.Cells(7, 8) = "Cumple"
  Else: Hoja8.Cells(7, 8) = "No Cumple"
  End If
  If e9 <= emax7 Then
  Hoja8.Cells(8, 8) = "Cumple"
  Else: Hoja8.Cells(8, 8) = "No Cumple"
  End If
```

```
Dim Ff1 As Double
Dim Ff2 As Double
Dim Ff3 As Double
Dim Ff4 As Double
Dim Ff5 As Double
Dim Ff6 As Double
Dim Ff7 As Double
Dim fi1 As Double
Dim fi2 As Double
Dim miu As Double
Dim Af As Double
```

```
fi1 = 0.8
fi2 = 1
```

```
If UserForm2.Label38 = "Roca muy rígida" Then
Af = 35
```

```
Else
```

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

If UserForm2.Label38 = "Roca rigidez media" Then

Af = 31

Else

If UserForm2.Label38 = "Suelo muy rígido (Arena)" Then

Af = 24

Else

If UserForm2.Label38 = "Suelo rigidez media" Then

Af = 26

Else

If UserForm2.Label38 = "Suelo blando (Arcillas blandas)" Then

Af = 19

End If

End If

End If

End If

End If

$\text{miu} = \text{Tan}(\text{Af} * [\text{PI}()]) / 180$

Hoja8.Cells(10, 1) = miu

Ff1 = Abs(miu) * (fi1 * Hoja5.Cells(8, 11))

Hoja8.Cells(2, 9) = Ff1

Ff2 = Abs(miu) * (fi1 * Hoja5.Cells(8, 12))

Hoja8.Cells(3, 9) = Ff2

Ff3 = Abs(miu) * (fi1 * Hoja5.Cells(8, 13))

Hoja8.Cells(4, 9) = Ff3

Ff4 = Abs(miu) * (fi1 * Hoja5.Cells(8, 14))

Hoja8.Cells(5, 9) = Ff4

Ff5 = Abs(miu) * (fi2 * Hoja5.Cells(8, 15))

Hoja8.Cells(6, 9) = Ff5

Ff6 = Abs(miu) * (fi2 * Hoja5.Cells(8, 16))

Hoja8.Cells(7, 9) = Ff6

Ff7 = Abs(miu) * (fi1 * Hoja5.Cells(8, 17))

Hoja8.Cells(8, 9) = Ff7

Dim q1 As Double
Dim q2 As Double
Dim q3 As Double
Dim q4 As Double
Dim q5 As Double
Dim q6 As Double
Dim q7 As Double

b = UserForm2.Label12

q1 = Hoja5.Cells(8, 11) / (b - (2 * e3))
Hoja8.Cells(2, 11) = q1
q2 = Hoja5.Cells(8, 12) / (b - (2 * e4))

Hoja8.Cells(3, 11) = q2
q3 = Hoja5.Cells(8, 13) / (b - (2 * e5))

Hoja8.Cells(4, 11) = q3
q4 = Hoja5.Cells(8, 14) / (b - (2 * e6))

Hoja8.Cells(5, 11) = q4
q5 = Hoja5.Cells(8, 15) / (b - (2 * e7))


Hoja8.Cells(6, 11) = q5
q6 = Hoja5.Cells(8, 16) / (b - (2 * e8))
Hoja8.Cells(7, 11) = q6
q7 = Hoja5.Cells(8, 17) / (b - (2 * e9))

Hoja8.Cells(8, 11) = q7

If q1 <= UserForm1.TextBox3.Value Then
Hoja8.Cells(2, 12) = "Cumple"

Else: Hoja8.Cells(2, 12) = "No Cumple"

End If

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

If q2 <= UserForm1.TextBox3.Value Then
Hoja8.Cells(3, 12) = "Cumple"

Else: Hoja8.Cells(3, 12) = "No Cumple"

End If

If q3 <= UserForm1.TextBox3.Value Then
Hoja8.Cells(4, 12) = "Cumple"

Else: Hoja8.Cells(4, 12) = "No Cumple"

End If

If q4 <= UserForm1.TextBox3.Value Then
Hoja8.Cells(5, 12) = "Cumple"

Else: Hoja8.Cells(5, 12) = "No Cumple"

End If

If q5 <= UserForm1.TextBox3.Value Then
Hoja8.Cells(6, 12) = "Cumple"

Else: Hoja8.Cells(6, 12) = "No Cumple"

End If

If q6 <= UserForm1.TextBox3.Value Then
Hoja8.Cells(7, 12) = "Cumple"

Else: Hoja8.Cells(7, 12) = "No Cumple"

End If

If q7 <= UserForm1.TextBox3.Value Then
Hoja8.Cells(8, 12) = "Cumple"

Else: Hoja8.Cells(8, 12) = "No Cumple"

End If


- Este código se usa para cambiar las dimensiones para poder cumplir las condiciones de estabilidad, deslizamiento y capacidad portante:

Dim b As Double
Dim P As Double
Dim Ha As Double
Dim e1 As Double
Dim e2 As Double
Dim T As Double
Dim Hb As Double
Dim H As Double

Dim e8 As Double
Dim e9 As Double
Dim e3 As Double
Dim e4 As Double
Dim e5 As Double
Dim e6 As Double
Dim e7 As Double
Dim emax1 As Double
Dim emax2 As Double
Dim emax3 As Double
Dim emax4 As Double
Dim emax5 As Double
Dim emax6 As Double
Dim emax7 As Double

Dim Ff1 As Double
Dim Ff2 As Double
Dim Ff3 As Double
Dim Ff4 As Double
Dim Ff5 As Double
Dim Ff6 As Double
Dim Ff7 As Double
Dim fi1 As Double
Dim fi2 As Double
Dim miu As Double

fi1 = 0.8

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en voladizo de concreto reforzado, de acuerdo con la norma colombiana de puentes – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

fi2 = 1

miu = Hoja8.Cells(10, 1)

H = UserForm1.TextBox5.Value

Ha = UserForm2.Label10

Hb = UserForm2.Label11

b = UserForm2.Label12

P = UserForm2.Label14

e1 = UserForm2.Label15

e2 = UserForm2.Label16

T = UserForm2.Label13

e3 = Hoja8.Cells(2, 6)

e4 = Hoja8.Cells(3, 6)

e5 = Hoja8.Cells(4, 6)

e6 = Hoja8.Cells(5, 6)

e7 = Hoja8.Cells(6, 6)

e8 = Hoja8.Cells(7, 6)

e9 = Hoja8.Cells(8, 6)

emax1 = Hoja8.Cells(2, 7)

emax2 = Hoja8.Cells(3, 7)

emax3 = Hoja8.Cells(4, 7)

emax4 = Hoja8.Cells(5, 7)

emax5 = Hoja8.Cells(6, 7)

emax6 = Hoja8.Cells(7, 7)

emax7 = Hoja8.Cells(8, 7)

Dim CR1 As Double

If e3 > emax1 Or e4 > emax2 Or e5 > emax3 Or e6 > emax4 Or e7 > emax5 Or
e8 > emax6 Or e9 > emax7 Or Ff1 < Hoja7.Cells(3, 11) Or Ff2 < Hoja7.Cells(3,
12) Or Ff3 < Hoja7.Cells(8, 13) Or Ff4 < Hoja7.Cells(3, 14) Or Ff5 <
Hoja7.Cells(3, 15) Or Ff6 < Hoja7.Cells(3, 16) Or Ff7 < Hoja7.Cells(3, 17) Then

For CR1 = 0 To 10000

'Coordenadas'

Hoja9.Cells(5, 3) = b
 Hoja9.Cells(6, 3) = b
 Hoja9.Cells(6, 4) = Ha
 Hoja9.Cells(7, 3) = P + e1
 Hoja9.Cells(7, 4) = Ha
 Hoja9.Cells(8, 3) = P + e1
 Hoja9.Cells(8, 4) = H
 Hoja9.Cells(9, 3) = P + e1 - e2
 Hoja9.Cells(9, 4) = H
 Hoja9.Cells(10, 3) = P
 Hoja9.Cells(10, 4) = Ha
 Hoja9.Cells(11, 4) = Ha

If (e3 > emax1 Or e4 > emax2 Or e5 > emax3 Or e6 > emax4 Or e7 > emax5 Or
 e8 > emax6 Or e9 > emax7) And (Ff1 < Hoja7.Cells(3, 11) Or Ff2 < Hoja7.Cells(3,
 12) Or Ff3 < Hoja7.Cells(8, 13) Or Ff4 < Hoja7.Cells(3, 14) Or Ff5 <
 Hoja7.Cells(3, 15) Or Ff6 < Hoja7.Cells(3, 16) Or Ff7 < Hoja7.Cells(3, 17)) Then
 P = P + 0.01
 T = T + 0.01
 b = b + 0.02

Else

If e3 > emax1 Or e4 > emax2 Or e5 > emax3 Or e6 > emax4 Or e7 > emax5 Or
 e8 > emax6 Or e9 > emax7 Then

P = P + 0.01

b = b + 0.01

Else

If Ff1 < Hoja7.Cells(3, 11) Or Ff2 < Hoja7.Cells(3, 12) Or Ff3 < Hoja7.Cells(8, 13)
 Or Ff4 < Hoja7.Cells(3, 14) Or Ff5 < Hoja7.Cells(3, 15) Or Ff6 < Hoja7.Cells(3,
 16) Or Ff7 < Hoja7.Cells(3, 17) Then

T = T + 0.01

b = b + 0.01

End If

End If

End If

'DC'

Dim Xa1 As Double
Dim Xa2 As Double
Dim Xa3 As Double
Dim DC1 As Double
Dim DC2 As Double
Dim DC3 As Double
Dim Xa As Double

$Xa1 = b / 2$
 $Xa2 = P + ((2 * e1) / 3)$
 $Xa3 = P + e1 - (e2 / 2)$

$DC1 = b * Ha * 24$
 $DC2 = e2 * Hb * 24$
 $DC3 = (((e1 - e2) * Hb) / 2) * 24$
Hoja5.Cells(2, 16) = Xa1
Hoja5.Cells(2, 17) = Xa2
Hoja5.Cells(2, 18) = Xa3

$M = (DC1 * Xa1) + (DC2 * Xa2) + (DC3 * Xa3)$
 $Xa = (DC1 + DC2 + DC3) / M$
Hoja5.Cells(2, 3) = M
Hoja5.Cells(2, 4) = Xa

'DC'

'EV'

gamma = UserForm1.TextBox2.Value

$Xa = b - (T / 2)$
 $M = T * Hb * gamma * Xa$
Hoja5.Cells(3, 3) = M

Hoja5.Cells(3, 4) = Xa

'EV'

'LSv'

gamma = UserForm1.TextBox2.Value

If H < 1.5 Then

heq = 1500

Else

If H = 1.5 Then

heq = 1500

Else

If H > 1.5 And H < 3 Then

heq = 1500 - ((1000 / 3) * (H - 1.5))

Else

 If H = 3 Then

 heq = 1000

 Else

 If H > 3 And H < 6 Then

heq = 1000 - ((400 / 3) * (H - 3))

Else

 If H >= 6 Then

 heq = 600

 End If

End If

End If

End If

End If

End If

Xa = b - (T / 2)

M = (heq / 1000) * gamma * T * Xa

Hoja5.Cells(4, 3) = M

Hoja5.Cells(4, 4) = Xa

'LSv'

'DC'

$$Xa1 = b / 2$$

$$Xa2 = P + ((2 * e1) / 3)$$

$$Xa3 = P + e1 - (e1 / 2)$$

$$DC1 = b * Ha * 24$$

$$DC2 = e2 * Hb * 24$$

$$DC3 = (((e1 - e2) * Hb) / 2) * 24$$

$$V = (DC1) + (DC2) + (DC3)$$

$$\text{Hoja5.Cells}(2, 2) = V$$

'DC'

'EV'

gamma = UserForm1.TextBox2.Value

$$Xa = b - (T / 2)$$

$$V = T * Hb * \text{gamma}$$

$$\text{Hoja5.Cells}(3, 2) = V$$

$$\text{Hoja5.Cells}(3, 4) = Xa$$

'EV'

'LSv'

gamma = UserForm1.TextBox2.Value

If H < 1.5 Then

heq = 1500

Else

If H = 1.5 Then

heq = 1500

Else

If H > 1.5 And H < 3 Then

heq = 1500 - ((1000 / 3) * (H - 1.5))

Else

If H = 3 Then

heq = 1000

Else

If H > 3 And H < 6 Then

heq = 1000 - ((400 / 3) * (H - 3))

Else

If H >= 6 Then

heq = 600

End If

End If

End If

End If

End If

End If

Hoja5.Cells(1, 20) = heq

Xa = b - (T / 2)

V = (heq / 1000) * gamma * T

Hoja5.Cells(4, 2) = V

Hoja5.Cells(4, 4) = Xa

'LSv'

Dim DC As Double

Dim EV As Double

Dim LSv As Double

Dim carga As Double

Dim carga1 As Double

Dim carga2 As Double

Dim carga3 As Double

Dim carga4 As Double

Dim carga5 As Double

Dim carga6 As Double

DC = Hoja5.Cells(2, 3)

EV = Hoja5.Cells(3, 3)

LSv = Hoja5.Cells(4, 3)

$$\text{carga} = 1.25 * DC + 1.35 * EV + 1.75 * LSv$$

$$\text{Hoja5.Cells}(8, 2) = \text{carga}$$

$$\text{carga1} = 0.9 * DC + EV + 1.75 * LSv$$

$$\text{Hoja5.Cells}(8, 3) = \text{carga1}$$

$$\text{carga2} = 1.25 * DC + 1.35 * EV + 1.35 * LSv$$

$$\text{Hoja5.Cells}(8, 4) = \text{carga2}$$

$$\text{carga3} = 0.9 * EH + EV + 1.35 * LSv$$

$$\text{Hoja5.Cells}(8, 5) = \text{carga3}$$

$$\text{carga4} = 1.25 * DC + 1.35 * EV + LSv$$

$$\text{Hoja5.Cells}(8, 6) = \text{carga4}$$

$$\text{carga5} = 0.9 * DC + EV + LSv$$

$$\text{Hoja5.Cells}(8, 7) = \text{carga5}$$

$$\text{carga6} = DC + EV + LSv$$

$$\text{Hoja5.Cells}(8, 8) = \text{carga6}$$

Dim carga7 As Double

Dim carga8 As Double

Dim carga9 As Double


Dim carga10 As Double

Dim carga11 As Double

Dim carga12 As Double

Dim carga13 As Double

$$DC = \text{Hoja5.Cells}(2, 2)$$

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en voladizo de concreto reforzado, de acuerdo con la norma colombiana de puentes – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

EV = Hoja5.Cells(3, 2)

LSv = Hoja5.Cells(4, 2)

carga7 = 1.25 * DC + 1.35 * EV + 1.75 * LSv

Hoja5.Cells(8, 11) = carga7

carga8 = 0.9 * DC + EV + 1.75 * LSv

Hoja5.Cells(8, 12) = carga8

carga9 = 1.25 * DC + 1.35 * EV + 1.35 * LSv

Hoja5.Cells(8, 13) = carga9

carga10 = 0.9 * EH + EV + 1.35 * LSv

Hoja5.Cells(8, 14) = carga10

carga11 = 1.25 * DC + 1.35 * EV + LSv

Hoja5.Cells(8, 15) = carga11

carga12 = 0.9 * DC + EV + LSv

Hoja5.Cells(8, 16) = carga12

carga13 = DC + EV + LSv

Hoja5.Cells(8, 17) = carga13

'Estabilidad'

Dim X1 As Double

Dim X2 As Double

Dim X3 As Double
Dim X4 As Double
Dim X5 As Double
Dim X6 As Double
Dim X7 As Double

$X1 = (\text{Abs}(\text{Hoja5.Cells}(8, 2)) - \text{Abs}(\text{Hoja7.Cells}(3, 2))) / \text{Hoja5.Cells}(8, 11)$
 $X2 = (\text{Abs}(\text{Hoja5.Cells}(8, 3)) - \text{Abs}(\text{Hoja7.Cells}(3, 3))) / \text{Hoja5.Cells}(8, 12)$
 $X3 = (\text{Abs}(\text{Hoja5.Cells}(8, 4)) - \text{Abs}(\text{Hoja7.Cells}(3, 4))) / \text{Hoja5.Cells}(8, 13)$
 $X4 = (\text{Abs}(\text{Hoja5.Cells}(8, 5)) - \text{Abs}(\text{Hoja7.Cells}(3, 5))) / \text{Hoja5.Cells}(8, 14)$
 $X5 = (\text{Abs}(\text{Hoja5.Cells}(8, 6)) - \text{Abs}(\text{Hoja7.Cells}(3, 6))) / \text{Hoja5.Cells}(8, 15)$
 $X6 = (\text{Abs}(\text{Hoja5.Cells}(8, 7)) - \text{Abs}(\text{Hoja7.Cells}(3, 7))) / \text{Hoja5.Cells}(8, 16)$
 $X7 = (\text{Abs}(\text{Hoja5.Cells}(8, 8)) - \text{Abs}(\text{Hoja7.Cells}(3, 8))) / \text{Hoja5.Cells}(8, 17)$

$e3 = \text{Abs}((b / 2) - \text{Abs}(X1))$
 $\text{Hoja8.Cells}(2, 6) = e3$

$e4 = \text{Abs}((b / 2) - \text{Abs}(X2))$
 $\text{Hoja8.Cells}(3, 6) = e4$

$e5 = \text{Abs}((b / 2) - \text{Abs}(X3))$
 $\text{Hoja8.Cells}(4, 6) = e5$

$e6 = \text{Abs}((b / 2) - \text{Abs}(X4))$
 $\text{Hoja8.Cells}(5, 6) = e6$

$e7 = \text{Abs}((b / 2) - \text{Abs}(X5))$
 $\text{Hoja8.Cells}(6, 6) = e7$

$e8 = \text{Abs}((b / 2) - \text{Abs}(X6))$
 $\text{Hoja8.Cells}(7, 6) = e8$

$e9 = \text{Abs}((b / 2) - \text{Abs}(X7))$
 $\text{Hoja8.Cells}(8, 6) = e9$

$$e_{max1} = b / 4$$

$$\text{Hoja8.Cells}(2, 7) = e_{max1}$$

$$e_{max2} = b / 4$$

$$\text{Hoja8.Cells}(3, 7) = e_{max2}$$

$$e_{max3} = b / 4$$

$$\text{Hoja8.Cells}(4, 7) = e_{max3}$$

$$e_{max4} = b / 4$$

$$\text{Hoja8.Cells}(5, 7) = e_{max4}$$

$$e_{max5} = b / 4$$

$$\text{Hoja8.Cells}(6, 7) = e_{max5}$$

$$e_{max6} = b / 4$$

$$\text{Hoja8.Cells}(7, 7) = e_{max6}$$

$$e_{max7} = b / 4$$

$$\text{Hoja8.Cells}(8, 7) = e_{max7}$$

If $e_3 \leq e_{max1}$ Then

Hoja8.Cells(2, 8) = "Cumple"

Else: Hoja8.Cells(2, 8) = "No Cumple"

End If

 If $e_4 \leq e_{max2}$ Then

 Hoja8.Cells(3, 8) = "Cumple"

 Else: Hoja8.Cells(3, 8) = "No Cumple"

 End If

 If $e_5 \leq e_{max3}$ Then

 Hoja8.Cells(4, 8) = "Cumple"

 Else: Hoja8.Cells(4, 8) = "No Cumple"

End If

 If $e_6 \leq e_{max4}$ Then

 Hoja8.Cells(5, 8) = "Cumple"

 Else: Hoja8.Cells(5, 8) = "No Cumple"

```
End If
  If e7 <= emax5 Then
Hoja8.Cells(6, 8) = "Cumple"
Else: Hoja8.Cells(6, 8) = "No Cumple"
```

```
End If
  If e8 <= emax6 Then
Hoja8.Cells(7, 8) = "Cumple"
Else: Hoja8.Cells(7, 8) = "No Cumple"
End If
  If e9 <= emax7 Then
Hoja8.Cells(8, 8) = "Cumple"
Else: Hoja8.Cells(8, 8) = "No Cumple"
End If
```

```
Ff1 = Abs(miu) * (fi1 * Hoja5.Cells(8, 11))
Hoja8.Cells(2, 9) = Ff1
Ff2 = Abs(miu) * (fi1 * Hoja5.Cells(8, 12))
Hoja8.Cells(3, 9) = Ff2
Ff3 = Abs(miu) * (fi1 * Hoja5.Cells(8, 13))
Hoja8.Cells(4, 9) = Ff3
Ff4 = Abs(miu) * (fi1 * Hoja5.Cells(8, 14))
Hoja8.Cells(5, 9) = Ff4
Ff5 = Abs(miu) * (fi2 * Hoja5.Cells(8, 15))
Hoja8.Cells(6, 9) = Ff5
Ff6 = Abs(miu) * (fi2 * Hoja5.Cells(8, 16))
Hoja8.Cells(7, 9) = Ff6
Ff7 = Abs(miu) * (fi1 * Hoja5.Cells(8, 17))
Hoja8.Cells(8, 9) = Ff7
```

```
Dim q1 As Double
Dim q2 As Double
Dim q3 As Double
Dim q4 As Double
Dim q5 As Double
```


Dim q6 As Double

Dim q7 As Double

q1 = Hoja5.Cells(8, 11) / (b - (2 * e3))

Hoja8.Cells(2, 11) = q1

q2 = Hoja5.Cells(8, 12) / (b - (2 * e4))

Hoja8.Cells(3, 11) = q2

q3 = Hoja5.Cells(8, 13) / (b - (2 * e5))

Hoja8.Cells(4, 11) = q3

q4 = Hoja5.Cells(8, 14) / (b - (2 * e6))

Hoja8.Cells(5, 11) = q4

q5 = Hoja5.Cells(8, 15) / (b - (2 * e7))

Hoja8.Cells(6, 11) = q5

q6 = Hoja5.Cells(8, 16) / (b - (2 * e8))

Hoja8.Cells(7, 11) = q6

q7 = Hoja5.Cells(8, 17) / (b - (2 * e9))

Hoja8.Cells(8, 11) = q7

If q1 <= UserForm1.TextBox3.Value Then

Hoja8.Cells(2, 12) = "Cumple"

Else: Hoja8.Cells(2, 12) = "No Cumple"

End If

If q2 <= UserForm1.TextBox3.Value Then


Hoja8.Cells(3, 12) = "Cumple"

Else: Hoja8.Cells(3, 12) = "No Cumple"

End If

If q3 <= UserForm1.TextBox3.Value Then

Hoja8.Cells(4, 12) = "Cumple"

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

Else: Hoja8.Cells(4, 12) = "No Cumple"

End If

If q4 <= UserForm1.TextBox3.Value Then
Hoja8.Cells(5, 12) = "Cumple"

Else: Hoja8.Cells(5, 12) = "No Cumple"

End If

If q5 <= UserForm1.TextBox3.Value Then
Hoja8.Cells(6, 12) = "Cumple"

Else: Hoja8.Cells(6, 12) = "No Cumple"

End If

If q6 <= UserForm1.TextBox3.Value Then
Hoja8.Cells(7, 12) = "Cumple"

Else: Hoja8.Cells(7, 12) = "No Cumple"

End If

If q7 <= UserForm1.TextBox3.Value Then
Hoja8.Cells(8, 12) = "Cumple"


Else: Hoja8.Cells(8, 12) = "No Cumple"

End If

If e3 <= emax1 And e4 <= emax2 And e5 <= emax3 And e6 <= emax4 And e7
<= emax5 And e8 <= emax6 And e9 <= emax7 And Ff1 < Hoja7.Cells(3, 11) And
Ff2 < Hoja7.Cells(3, 12) And Ff3 < Hoja7.Cells(3, 13) And Ff4 < Hoja7.Cells(3,
14) And Ff5 < Hoja7.Cells(3, 15) And Ff6 < Hoja7.Cells(3, 16) And Ff7 <
Hoja7.Cells(3, 17) Then
CR1 = 10000

End If

Next CR1

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO DE CONCRETO REFORZADO, DE ACUERDO CON LA NORMA COLOMBIANA DE PUENTES – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

End If

- Si la condición de deslizamiento no cumple entonces se procede a diseñar un dentellón con el siguiente código:

```
Dim Fd As Double
Dim c As Double
Dim c1 As Double
Dim Ff As Double
Dim kp As Double
Dim Hdent As Double
```

```
If Ff1 < Hoja8.Cells(2, 3) Or Ff2 < Hoja8.Cells(3, 3) Or Ff3 < Hoja8.Cells(4, 3) Or
Ff4 < Hoja8.Cells(5, 3) Or Ff5 < Hoja8.Cells(6, 3) Or Ff6 < Hoja8.Cells(7, 3) Or
Ff7 < Hoja8.Cells(8, 3) Then
```

```
c = 2
```

```
fi = UserForm1.TextBox1.Value
```

```
gamma = UserForm1.TextBox2.Value
```

```
For c1 = 2 To 8
```

```
Hoja8.Cells(c1, 20) = Hoja8.Cells(c1, 3) - Hoja8.Cells(c1, 9)
```

```
Next c1
```

```
For c1 = 2 To 8
```

```
Fd1 = Hoja8.Cells(c, 20)
```

```
If Fd1 <= Hoja8.Cells(2, 3) And Fd1 <= Hoja8.Cells(3, 3) And Fd1 <=
Hoja8.Cells(4, 3) And Fd1 <= Hoja8.Cells(5, 3) And Fd1 <= Hoja8.Cells(6, 3) And
Fd1 <= Hoja8.Cells(7, 3) And Fd1 <= Hoja8.Cells(8, 3) Then
```


```
c1 = 8
```

```
Else: c = c + 1
```

```
End If
```

```
Next c1
```

```
For c1 = 2 To 8
```

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE Muros en Voladizo de Concreto Reforzado, de acuerdo con la Norma Colombiana de Puentes – LRFD (CCP-14)</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 1</p>
---	--	---

```
Fhu = Hoja8.Cells(c, 3)
Ff = Hoja8.Cells(c, 9)
If Fhu >= Hoja8.Cells(2, 3) And Fhu >= Hoja8.Cells(3, 3) And Fhu >=
Hoja8.Cells(4, 3) And Fhu >= Hoja8.Cells(5, 3) And Fhu >= Hoja8.Cells(6, 3) And
Fhu >= Hoja8.Cells(7, 3) And Fhu >= Hoja8.Cells(8, 3) Then
```

```
c1 = 8
Else: c = c + 1
End If
```

```
Next c1
ka = (1 - Sin(fi * [PI()] / 180)) / (1 + Sin(fi * [PI()] / 180))
kp = 1 / ka
Fd = Fhu - Ff
Hdent = Sqr((2 * Fd) / (gamma * kp))
If Hdent < 0.3 Then
Hdent = 0.3
End If
For c = 2 To 8
Hoja8.Cells(c, 9) = Hoja8.Cells(c, 9) + Fd1
Next c
```

- El diseño de a cortante y flexión se realizo de la siguiente manera:

```
'Inicio Diseño de Aceros'
'Diseño a flexión vastago'
Dim Mu As Double
Dim ro As Double
Dim d As Double
Dim be As Double
Dim f'c As Double
Dim fy As Double
Dim Ac As Double
Dim di As Double
Dim gan As Double
```

```
f'c = UserForm1.ComboBox1.Value
fy = UserForm1.ComboBox2.Value
```

```

be = 1
c = 2
For c1 = 2 To 8
Mu = Hoja8.Cells(c, 5)
If Mu >= Hoja8.Cells(2, 5) And Mu >= Hoja8.Cells(3, 5) And Mu >= Hoja8.Cells(4,
5) And Mu >= Hoja8.Cells(5, 5) And Mu >= Hoja8.Cells(6, 5) And Mu >=
Hoja8.Cells(7, 5) And Mu >= Hoja8.Cells(8, 5) Then
c1 = 8
Else: c = c + 1
End If
Next c1
Hoja10.Cells(10, 10) = Mu
d = e1 - 0.05
ro = (((0.85 * (f'c * 1000)) / (fy * 1000)) * (1 - (Sqr(1 - ((2.61 * Mu) / ((f'c * 1000) *
be * (d ^ 2)))))))
Ac = ro * (be * 100) * (d * 100)
If Ac <= 0.71 Then
di = 3 / 8
gan = 0.15
Else
If Ac <= 1.27 Then
di = 1 / 2
gan = 0.2
Else
If Ac <= 1.99 Then
di = 5 / 8
gan = 0.25
Else
If Ac <= 2.84 Then
di = 3 / 4
gan = 0.3
Else
If Ac <= 3.87 Then
di = 7 / 8
gan = 0.35
Else
If Ac <= 5.1 Then
di = 1
gan = 0.4

```

```

Else
  If Ac <= 8.1 Or Ac >= 8.1 Then
    di = 1 + 1 / 4
    gan = 0.5
  Else
  End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
Hoja10.Cells(4, 1) = di
Hoja10.Cells(5, 1) = gan
Hoja10.Cells(6, 1) = Ac
'Diseño a flexión Talón'
Mu = Hoja5.Cells(3, 2) * (T / 2)
d = Hb - 0.05
ro = (((0.85 * (f'c * 1000)) / (fy * 1000)) * (1 - (Sqr(1 - ((2.61 * Mu) / ((f'c * 1000) *
be * (d ^ 2)))))))
Ac = ro * (be * 100) * (d * 100)
If Ac <= 0.71 Then
  di = 3 / 8
  gan = 0.15
  Else
  If Ac <= 1.27 Then
    di = 1 / 2
    gan = 0.2
  Else
  If Ac <= 1.99 Then
    di = 5 / 8
    gan = 0.25
  Else
  If Ac <= 2.84 Then
    di = 3 / 4
    gan = 0.3
  Else
  If Ac <= 3.87 Then
    di = 7 / 8

```

```

gan = 0.35
Else
  If Ac <= 5.1 Then
di = 1
gan = 0.4
Else
  If Ac <= 8.1 Or Ac >= 8.1 Then
di = 1 + 1 / 4
gan = 0.5
Else
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
Hoja10.Cells(4, 2) = di
Hoja10.Cells(5, 2) = gan
Hoja10.Cells(6, 2) = Ac
'Diseño a flexión Puntera'
Dim delta As Double
delta = UserForm1.TextBox3.Value
Mu = (delta * (P ^ 2)) / 2
d = Hb - 0.05
ro = ((0.85 * (f'c * 1000)) / (fy * 1000)) * (1 - (Sqr(1 - ((2.61 * Mu) / ((f'c * 1000) *
be * (d ^ 2))))))
Ac = ro * (be * 100) * (d * 100)
If Ac <= 0.71 Then
di = 3 / 8
gan = 0.15
Else
  If Ac <= 1.27 Then
di = 1 / 2
gan = 0.2
Else
  If Ac <= 1.99 Then
di = 5 / 8
gan = 0.25

```

```
Else
  If Ac <= 2.84 Then
    di = 3 / 4
    gan = 0.3
  Else
    If Ac <= 3.87 Then
      di = 7 / 8
      gan = 0.35
    Else
      If Ac <= 5.1 Then
        di = 1
        gan = 0.4
      Else
        If Ac <= 8.1 Or Ac >= 8.1 Then
          di = 1 + 1 / 4
          gan = 0.5
        Else
          End If
        End If
        End If
        End If
        End If
        End If
        End If
        End If
        Hoja10.Cells(4, 3) = di
        Hoja10.Cells(5, 3) = gan
        Hoja10.Cells(6, 3) = Ac
        'Diseño Retracción y temperatura'
        Dim rot As Double
        rot = 0.0018
        d = e1 - 0.05
        Ac = ro * (be * 100) * (d * 100)
        If Ac <= 0.71 Then
          di = 3 / 8
          gan = 0.15
        Else
          If Ac <= 1.27 Then
            di = 1 / 2
            gan = 0.2
```



```

Else
If Ac <= 1.99 Then
di = 5 / 8
gan = 0.25
Else
If Ac <= 2.84 Then
di = 3 / 4
gan = 0.3
Else
If Ac <= 3.87 Then
di = 7 / 8
gan = 0.35
Else
If Ac <= 5.1 Then
di = 1
gan = 0.4
Else
If Ac <= 8.1 Or Ac >= 8.1 Then
di = 1 + 1 / 4
gan = 0.5
Else
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
Hoja10.Cells(4, 4) = di
Hoja10.Cells(5, 4) = gan
Hoja10.Cells(6, 4) = Ac
'Diseño a Cortante vástago'
Dim Vc As Double
For c1 = 2 To 8
Fhu = Hoja8.Cells(c, 3)
If Fhu >= Hoja8.Cells(2, 3) And Fhu >= Hoja8.Cells(3, 3) And Fhu >=
Hoja8.Cells(4, 3) And Fhu >= Hoja8.Cells(5, 3) And Fhu >= Hoja8.Cells(6, 3) And
Fhu >= Hoja8.Cells(7, 3) And Fhu >= Hoja8.Cells(8, 3) Then
c1 = 8

```

```
Else: c = c + 1  
End If  
Next c1
```

```
Vc = 0.9 * 0.166 * Sqr(f'c) * be * d * 1000  
If Vc >= Fhu Then  
Hoja10.Cells(4, 5) = "Cumple"  
Else: Hoja10.Cells(4, 5) = "No Cumple"  
End If  
Hoja10.Cells(5, 5) = Vc  
Hoja10.Cells(6, 5) = Fhu  
'Diseño a Cortante vástago'
```

```
Vc = 0.9 * 0.166 * Sqr(f'c) * be * d * 1000  
If Vc >= Hoja5.Cells(3, 2) Then  
Hoja10.Cells(4, 6) = "Cumple"  
Else: Hoja10.Cells(4, 6) = "No Cumple"  
End If  
Hoja10.Cells(5, 6) = Vc  
Hoja10.Cells(6, 6) = Hoja5.Cells(3, 2)  
'Fin Diseño de Aceros'
```