



FACULTAD DE POSTGRADO

TESIS DE POSTGRADO

**SISTEMAS ESTRUCTURALES DOBLES CON MUROS DE
MAMPOSTERÍA EN EDIFICIOS DE CONCRETO REFORZADO**

SUSTENTADO POR:

MARIO DANIEL MATUTE MANDUJANO

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE MÁSTER EN
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS**

TEGUCIGALPA, M.D.C, F.M., HONDURAS, C.A.

JULIO, 2018

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

UNITEC

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVESITARIAS

RECTOR

MARLON ANTONIO BREVÉ REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICERRECTORA ACADÉMICA

DESIREE TEJADA CALVO

DECANA DE LA FACULTAD DE POSTGRADO

CLAUDIA MARÍA CASTRO VALLE

**SISTEMAS ESTRUCTURALES DOBLES CON MUROS DE
MAMPOSTERÍA EN EDIFICIOS DE CONCRETO REFORZADO**

**TRABAJO PRESENTANDO EN CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MÁSTER EN INGENIRÍA DE ESTRUCTURAS**

ASESOR METODOLÓGICO

CARLOS AUGUSTO ZELAYA OVIEDO

ASESOR TEMÁTICO

LUIS FERNANDO SOTO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN EVALUADORA

LUZ MARINA FUNES MATUTE

MINA CECILIA GARCÍA LEZCANO



FACULTAD DE POSTGRADO

SISTEMAS ESTRUCTURALES DOBLES CON MUROS DE MAMPOSTERÍA EN EDIFICIOS DE CONCRETO REFORZADO

NOMBRE DEL MAESTRANTE:

MARIO DANIEL MATUTE MANDUJANO

Resumen

El presente documento es el producto de la investigación realizada con el objetivo de potenciar la incorporación de elementos de mampostería al sistema estructuras de edificios de 5 niveles, mediante una guía de construcción de paredes de mampostería para edificios, para realizar diseños más eficientes y seguros. El desarrollo se basó en un enfoque mixto predominando el enfoque cuantitativo conociendo los diferentes factores que están involucrados en el comportamiento estructural de Sistemas Combinados y comparaciones con Marcos Rígidos. Con la inclusión de elementos de mampostería se pueden obtener resultados positivos si se conoce su comportamiento e interacción con los otros elementos estructurales.

Palabra claves: bloques de concreto, ensayos de compresión, mampostería, marcos rígidos, sistemas combinados.



POSTGRADUATE FACULTY

DUAL ESTRUCTURAL SYSTEM WITH MASONRY WALLS IN REINFORCED CONCRETE BUILDINGS

POSTGRADUATE NAME:

MARIO DANIEL MATUTE MANDUJANO

Abstract

This document presents a study with the main objective to maximize the incorporation of masonry structural elements for building of 5 stories high, through a guide for construction of buildings with masonry walls, with the purpose of developing more efficient and safer designs. This research was addressed with a mixed focus, mainly quantitative, studying different factors that are involved in the structural behavior of Dual Systems and comparing it with Rigid Frames. With the incorporation of masonry elements, it possible to obtain positive results if the behavior and the interaction with other structural elements is known.

Key words: concrete blocks, compressive strength, masonry, rigid frames, dual systems.

DEDICATORIA

A quienes creyeron en mí, a quienes me motivaron, a la música.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres Liliana y Oscar, mis hermanos y familia que se involucraron de alguna manera a este éxito. A Karla Irías por su apoyo incondicional. Compañeros de trabajo. Crows Crown y amigos por su respeto y ser partícipes indirectos de esta travesía. A quienes dedicaron tiempo en querer hacer las cosas bien y se vieron involucrados en este documento.

CONTENIDO

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes del problema	2
1.3 Delimitación del tema	2
1.4 Definición del problema.....	3
1.4.1 Enunciado.....	3
1.4.2 Planteamiento del problema.....	4
1.4.3 Preguntas de investigación	4
1.5 Objetivos	5
1.5.1 Objetivo general	5
1.5.2 Objetivos específicos.....	5
1.6 Justificación.....	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Análisis de la situación actual.....	7
2.1.1 Análisis de macro entorno	8
2.1.2 Análisis de micro entorno	12
2.1.3 Análisis interno	14
2.2 Teorías.....	15
2.2.1 Teorías de sustento.....	15
2.2.2 Conceptualización.....	17
2.3 Metodologías aplicadas.....	21
2.3.1 Normas Técnicas Código Hondureño de Construcción (CHOC 08).....	21
2.3.2 Método por la resistencia de pieza.....	22
2.3.3 Valor de f_m basado en la calidad de los materiales.....	22

2.3.4 Análisis por Elementos Finitos	22
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	24
3.1 Congruencia metodológica	24
3.1.1 Variables de estudio.....	25
3.1.2 Operacionalización de las variables.....	26
3.1.3 Hipótesis	27
3.2 Enfoque y métodos de la investigación	27
3.3 Diseño de la investigación	29
3.3.1 Población.....	30
3.3.2 Descripción de la muestra.....	30
3.3.3 Unidad de análisis	30
3.3.4 Unidad de respuesta.....	31
3.4 Instrumento y Técnicas aplicadas	31
3.4.1 Instrumento	31
3.4.2 Técnicas	32
3.4.3 Procedimiento	33
3.5 Fuentes de información.....	33
3.5.1 Fuentes primarias.....	33
3.5.2 Fuentes secundarias	33
3.6 Limitantes del estudio.....	34
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	34
4.1 Resultados de la encuesta.....	35
4.2 Resultados de las entrevistas.....	42
4.2.1 Análisis de entrevistas.....	44
4.3 Resultados de ensayos en bloques	45

4.4 Resultados de modelos de Elementos Finitos	46
4.5 Diagrama de Ishikawa.....	52
4.6 Análisis estadístico.....	53
4.6 Propuesta.....	55
4.6.1 Guía de construcción de paredes de mampostería para edificios	55
4.6.2 Introducción	56
4.6.3 Descripción de la propuesta.....	56
4.6.3.1 Consideraciones generales	56
4.6.3.2 Control de calidad de materiales.....	57
4.6.3.3 Detallado del refuerzo.....	59
4.6.3.4 Requisitos constructivos	60
4.6.3.5 Normas de referencia	61
4.6.4 Presupuesto	62
4.6.5 Cronograma de ejecución	62
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
5.1 Conclusiones.....	64
5.2 Recomendaciones	65
BIBLIOGRAFÍA	68
ANEXOS.....	71
Encuesta	71
Entrevista	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz metodológica	24
Tabla 2. Operacionalización de Variables	26
Tabla 3. Nivel Educativo	35
Tabla 4. Diseños de estructuras habitacionales.....	36
Tabla 5. Sistema Estructural	37
Tabla 6. Material de preferencia	38
Tabla 7. Uso de detalles constructivos.....	39
Tabla 8. Los muros cortantes mejoran el comportamiento estructural	40
Tabla 9. Cruce Nivel Educativo con haber realizado diseños	41
Tabla 10. Cruce Material de preferencia con Sistema Estructural.....	41
Tabla 11. Áreas promedio de bloques por lote	45
Tabla 12. Resistencias fp obtenidas por lote.....	45
Tabla 13. Resistencia f'm por lote	46
Tabla 14. Propiedades generales de modelos	47
Tabla 15. Parámetros de mampostería	47
Tabla 16. Derivas de Marco Rígido	49
Tabla 17. Derivas de Sistema Combinado.....	50
Tabla 18. Análisis estadístico de resistencias fp.....	53
Tabla 19. Análisis estadístico derivas de piso	54
Tabla 20. Presupuesto general	62
Tabla 21. Plan de ejecución	63
Tabla 22. Concordancia de los segmentos de la tesis con la propuesta	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Ishikawa, efecto negativo.....	17
Figura 2. Esquema de variables	25
Figura 3. Diseño de la investigación (etapas)	29
Figura 4. Nivel Educativo	35
Figura 5. Diseños de estructuras habitacionales	36
Figura 6. Sistema Estructura	37
Figura 7. Material de preferencia.....	38
Figura 8. Uso de detalles constructivos	39
Figura 9. Los muros cortantes mejoran el comportamiento estructural.....	40
Figura 10. Distribución de planta.....	48
Figura 11. Modelo de Marco Rígido.....	48
Figura 12. Modelo Sistema Combinados.....	49
Figura 13. Esfuerzos Cortantes de Sección B-B.....	51
Figura 14. Diagrama de Ishikawa, causa y efecto positivo.....	52

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se plantea de forma general y precisa la investigación, se detallan los antecedentes, delimitación, definición, enunciado, formulación, así como un desglose del objetivo general y los objetivos específicos del problema hasta su justificación.

1.1 Introducción

El presente documento plantea el proceso que se llevó a cabo para realizar una investigación de comportamiento en edificios de cinco niveles con sistemas estructurales de marco rígido y sistema doble, se identificaron los aspectos positivos y negativos para la respuesta estructural, el impacto que puede tener en la optimización de elementos, así como influencia en la seguridad. El impacto estructural y económico es el resultado del análisis comparativo de varios modelos utilizando simulaciones de elementos finitos para conocer incidencias de cada sistema estructural.

Para considerar la inclusión de muros cortantes capaces de resistir cargas laterales en todo el sistema estructural se deben cumplir ciertas características en anclajes para que los marcos rígidos puedan transferir esfuerzos a los muros. El diseño de elementos estructurales de muros cortantes debe ser preciso, estos resisten grandes esfuerzos y su falla puede ser repentina o frágil si no se toma en cuenta valores acertados para el diseño. Se realizaron ensayos de bloques basados en las normas aplicables a nuestro medio y prácticas de construcción generales para obtener valores reales para las modelaciones. Las secciones geométricas de los bloques generan limitaciones como los espesores de las paredes, limitaciones de cuantillas de acero a ser incluidas.

1.2 Antecedentes del problema

Las normas generales de construcción especifican resistencias a la compresión de piezas de mampostería, pero con la variabilidad de productores sean o no tecnificados los diferentes materiales como agregados y componentes de mezclas y los controles de calidad de los procesos de fabricación se pueden obtener diferentes valores de resistencia.

La calidad de una piedra artificial depende de los materiales que la conforman y tiene tantas aplicaciones como se requiera. En la actualidad se utiliza para las fabricaciones de bloques de construcción de muros o como elementos decorativos o de división. (Gallo Ortiz, Espino Márquez, Olvera Montes, 2005, p. 10)

De igual manera los procesos de diseño y constructivos usuales en edificios no contemplan la incorporación de las paredes de bloque al sistema estructura, sub utilizando un elemento que con el debido diseño puede aportar resistencia y mejorar el comportamiento estructural. Por razones de seguridad bajo condiciones de cargas laterales no se recomienda que el sistema estructural absorba el 100% de la carga cortante en la base.

1.3 Delimitación del tema

Para la investigación se tomarán en cuenta edificios de 5 niveles con sistemas estructurales de marco rígido y sistemas dobles con paredes de mampostería de bloques. Ambos contarán con marcos consecutivos de luces y cargas idénticas y se realizarán iteraciones de optimización de secciones en caso que sea posible para poder establecer parámetros comparativos.

El Reglamento de la zonificación, obras y uso del suelo en el Distrito Central (2014) en el Artículo 210 establece: Para edificaciones de cinco (5) plantas o más, deberá proyectarse y construirse por

lo menos un ascensor con capacidad mínima de cinco (5) personas. Los niveles se tomarán desde el punto más bajo de la edificación o torre, no importando el uso o si se trata de edificaciones con sótanos o desniveles.

1.4 Definición del problema

1.4.1 Enunciado

En el diseño de edificios usualmente se desprecia la mampostería en el sistema estructural considerando únicamente los marcos rígidos conformados por vigas y columnas, se desprecian los posibles efectos al comportamiento de la estructura producto de la existencia de mampostería en la realidad del edificio.

Para desarrollar estructuras más eficientes y seguras se deben considerar todos los elementos presentes que puedan aportar resistencia, rigidez, cambiar el comportamiento o reacción de las estructuras, para esto es necesario conocer con certeza las propiedades de los materiales y qué papel juegan en el sistema estructural.

Para el modelado y diseño de muros de mampostería es necesario conocer valores bases de las propiedades de los elementos que los conforman, el acero como un componente importante está controlado por normas internacionales a diferencia de los bloques. Por lo tanto, es necesario conocer diferentes parámetros de entrada en el diseño como geometría, resistencia a la compresión, elasticidad, entre otros de las paredes de bloque y así poder considerar su aporte a los sistemas estructurales y lograr obtener resultados fiables del comportamiento de los edificios con sistemas estructurales combinados.

En estructuras los muros de cortante o de carga son de gran importancia, resisten grandes esfuerzos y su resistencia real a compresión y al corte puede determinar distintos modos de falla o problemas estructurales como agrietamientos o deflexiones. Asumir valores para su diseño representa condiciones inseguras, impactos económicos y estéticos.

1.4.2 Planteamiento del problema

Limitada incorporación de paredes de mampostería al sistema estructural en edificios de 5 niveles.

1.4.3 Preguntas de investigación

A continuación, se plantea la pregunta principal:

¿Qué aportan las paredes de bloque al sistema estructural en edificios?

Preguntas secundarias:

- ¿Cómo se comportan estructuralmente los sistemas combinados con muros de cortante y marcos rígidos según las especificaciones técnicas del CHOC?
- ¿Existe alguna preferencia por utilizar muros de cortante de concreto reforzado o mampostería por parte de los diseñadores?
- ¿Qué consideraciones se deben tener para que la mampostería sea parte del sistema estructural?
- ¿Cómo afectan los muros cortantes de mampostería la respuesta de sistemas estructurales dobles ante las sollicitaciones?
- ¿Qué beneficios se pueden obtener de considerar sistemas estructurales combinados?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Potenciar la incorporación de elementos de mampostería al sistema estructuras de edificios de 5 niveles, mediante una guía de construcción de paredes de mampostería para edificios, para realizar diseños más eficientes y seguros.

1.5.2 Objetivos específicos

- Identificar el comportamiento estructural de edificios con sistemas combinados de muros de cortante y marcos rígidos basados en las Especificaciones Técnicas del CHOC 08.
- Establecer la preferencia de materiales para muros de cortante por parte de los diseñadores.
- Definir las consideraciones constructivas para garantizar que la mampostería sea parte del sistema estructural.
- Identificar cómo afectan los muros cortantes de mampostería la respuesta de sistemas estructurales dobles ante las solicitaciones.
- Establecer una relación de los beneficios que se pueden obtener de los sistemas estructurales combinados.
- Desarrollar una guía de construcción de paredes de mampostería para edificios.

1.6 Justificación

La realización de esta investigación nace de la necesidad de la optimización de diseños de edificios tomando en cuenta el comportamiento estructural, seguridad de resistir las cargas y costos constructivos incluyendo todos los elementos disponibles para aportar a la resistencia, teniendo impacto en lo económico y en la respuesta de la estructura.

Contando con valores parámetro como resistencias a la compresión y elasticidad se pueden optimizar los diseños y modelar los elementos con menor incertidumbre, de esta manera conocer con mayor exactitud su comportamiento ante cargas dando seguridad a los diseñadores. Se han realizado distintas investigaciones. Existen diferentes factores que pueden afectar como las consideraciones de si los elementos aportan o no al sistema resistente, las conexiones y formas de trabajo, así como los modos de falla esperados.

En aspectos de seguridad obligar a un sistema único a resistir las cargas laterales en los edificios puede tener efectos negativos en la economía y comportamiento estructural. Contar con sistemas combinados distribuye mejor los esfuerzos en proporción a la rigidez relativa de cada uno, considerando la interacción del sistema en los diferentes niveles.

Muchas veces los diseñadores se ven obligados a aumentar el aporte de los muros cortantes por razones económicas, constructivas y arquitectónicas. Es necesario aumentar la eficiencia de secciones de concreto, mejorar transferencias de carga hasta la cimentación, reducir costos constructivos.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

El marco teórico consiste en la consulta de fuentes bibliográficas a respaldar el tema de estudio cuyo fundamento son las citas.

2.1 Análisis de la situación actual

En el diseño de estructuras para una construcción económica y segura influyen numerosos factores, conocer de manera acertada las resistencias de los materiales a utilizar permite predecir el comportamiento de los elementos optimizando los diseños. En edificios es común utilizar sistemas dobles para resistencias de esfuerzos cortantes siendo común la combinación de sistemas aporticados y muros de cortante, esto incrementa la capacidad soportante y el comportamiento dúctil de las estructuras.

“Aquel trato de la mampostería – despreciarla en el diseño porque no la estimamos confiable, y pensar a la vez que va a ayudar al pórtico – es ilógico y hasta peligroso” (Klingner, 2014, p.1).

Aprovechar los elementos de mampostería puede presentar distintos beneficios, tanto estructurales como arquitectónicos según sean considerados, y no se debería despreciar sin importar su calidad si siempre pueden tener un impacto en el comportamiento general de la estructura.

Los edificios en los cuales se aprovechan mejor las ventajas constructivas de la mampostería son de mediana altura, cierta regularidad y simetría, con esquemas arquitectónicos que se repiten en cada piso. Por ejemplo, en edificios de vivienda, hoteles y hospitales. Las grandes ventajas

económicas de la mampostería en edificios se originan particularmente en el uso simultáneo de los muros con elementos de cierre como elementos portantes eliminando la necesidad de vigas y columnas como elementos estructurales principales, en la simplicidad del diseño y en la racionalización de las labores de cavado y de instalación de servicios con la consiguiente disminución del tiempo de construcción. Otras ventajas de la mampostería en edificios son la gran flexibilidad para el tratamiento arquitectónico y de las fachadas en comparación con los edificios aporricados y las características ambientales como las propiedades de absorción de sonido y buena resistencia al fuego. (Sánchez, Mejía, 2009)

Las ventajas de principales de la mampostería son su economía y uso combinado de los elementos, esto se logra con distribuciones regulares y simétricas y a demás sean continuos en los niveles del edificio.

2.1.1 Análisis de macro entorno

La mampostería según sus métodos constructivos como mampostería simple, confinada o armada puede tener diferentes comportamientos a cargas laterales. Para muros reforzados interiormente Sánchez (2009) afirma:

La mampostería con refuerzo interior es un procedimiento constructivo muy utilizado en otros países como Japón, E.U.A., Nueva Zelanda, pero no tan popular en nuestro medio. El proceso constructivo resulta mucho más elaborado y detallado para obtener un correcto llenado o colado de los huecos, así como una correcta colocación del refuerzo. En la práctica mexicana, resulta difícil la supervisión de su construcción lo que ha contribuido a una mala reputación del sistema.

Respecto a su comportamiento sísmico puede decirse que ha sido defectuoso; en general, por falta de supervisión durante el proceso constructivo. Otra de las desventajas observadas en la mampostería con refuerzo interior son: fallas locales de las piezas huecas por desprendimiento de sus paredes, que la liga entre distintos elementos es menos efectiva y que se requieren altas cantidades de refuerzo para asegurar un buen comportamiento. Sin embargo, este procedimiento

tiene la ventaja sobre el sistema tradicional de mampostería confinada de que el refuerzo incrementa su resistencia y reduce el agrietamiento a espesores pequeños y demás, de que el muro puede quedar aparente, es decir, que no requiere de un acabado adicional.

Es interesante mencionar que en países como Japón y Estados Unidos el sistema constructivo consiste en llenar completamente los huecos de todas las piezas. Utilizan mortero con elevada fluidez y refuerzan con altas cuantías de acero horizontal y verticalmente creando prácticamente un muro monolítico con lo cual se obtiene un incremento en la resistencia y un comportamiento más dúctil con respecto a la mampostería no reforzada y confinada.

En los Estados Unidos se utilizaron métodos de construcción de mampostería no reforzado con muros portantes, pero sin controles de calidad en la fabricación de las piezas y en la mano de obra, dado las fallas se fueron tomando eventualmente poniendo en uso diferentes tipos de materiales como arcilla y concreto, también inclusión de acero y rellenos con mortero para generar piezas virtualmente monolíticas.

En los EEUU, antes de los años 30 del siglo XX, se usaba la mampostería no reforzada al igual que en muchos otros países. Tenía diafragmas horizontales de madera, muros portantes de múltiples hojas y problemas inherentes a la falta de estructuración, mala calidad de materiales y mal control de mano de obra. Mostraba pésimo comportamiento sísmico. En pocas palabras, mostraba todos los defectos estructurales que ha mostrado la mampostería tradicional.

Todo cambió en 1933, con el sismo de Long Beach, unos 100 km hacia el norte de Los Ángeles en la costa de California. A causa del colapso de varios edificios escolares en mampostería tradicional, se murieron decenas de escolares. La legislatura del estado de California reaccionó casi en forma inmediata, aboliendo el uso de la mampostería tradicional en el estado, mediante el “Field Act,” un proyecto de ley nombrado así por su redactor.

Cuatro años después, en 1937, la industria de la construcción en California, tratando de salvarse y a la vez responder a las necesidades de la población creciente de allí, propuso a los oficiales de la

construcción, los términos bajo los cuales podría entrar nuevamente en el mercado. Se sugirió una nueva forma de mampostería, que mimetizaría la práctica de aquel entonces sobre muros de concreto armado. Tendría unidades huecas, al principio solamente de concreto, y luego de arcilla cocida. Tendría una integridad global mediante el uso de mortero de relleno (concreto líquido) en todas las celdas de las unidades. Tendría cuantías de refuerzo corrugado, puestas verticalmente en celdas y horizontalmente en hiladas de unidades de alma recortada, que se semejaban a las cuantías requeridas para los muros cortantes del concreto armado de aquel entonces. Por cuanto eso tampoco se exigía a los muros de concreto, no se le exigió a la nueva mampostería reforzada ningún detallado especial. (Klingner, 2014)

La evolución de los procesos constructivos y consideraciones de trabajo resultaron de análisis de fallas y mejoras de la seguridad de los ocupantes, finalmente se logran elementos formados de bloques, acero y concreto que tienen comportamiento de diafragmas.

Para algunos países es normado las resistencias que deben aportar al sistema estructural los elementos, la Norma Técnica E.30 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones (2016) de Perú establece lo siguiente:

Pórticos. Por lo menos el 80 % de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En caso se tengan muros estructurales, éstos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.

Muros Estructurales. Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70 % de la fuerza cortante en la base.

Dual. Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros está entre 20 % y 70 % del cortante en la base del edificio. Los pórticos deberán ser diseñados para resistir por lo menos 30 % de la fuerza cortante en la base.

Los sistemas duales son utilizados para condiciones sísmicas y para generar condiciones de seguridad se distribuyen en porcentajes la capacidad para cada sistema.

Los muros cortantes pueden generar efectos positivos para el comportamiento de las estructuras teniendo experiencias de edificios de alturas considerables, con distribuciones según las necesidades:

Los muros de cortante salvan las distancias verticales totales entre pisos. Si los muros son cuidadosa y simétricamente colocados en planta, resistirán eficientemente las cargas verticales y laterales sin interferir considerablemente con los requisitos arquitectónicos. Se han construido edificios de concreto reforzado de hasta 70 niveles con muros de cortante como su fuente primaria de rigidez lateral. En la dirección horizontal pueden usarse muros de cortante totales; es decir, que corran sobre toda la longitud de los paneles o crujías. Cuando las fuerzas son menores, ellos tienen que correr sólo sobre longitudes parciales de los paneles. (McCormac Concreto)

En las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (1977) se establecieron consideraciones generales de resistencia a cargas laterales entendiendo el concepto que en las construcciones sin importar el material, los espacios de los marcos rígidos realmente eran rellenado con muros de mampostería que incrementaban la rigidez frente a las cargas laterales.

En construcciones cuya estructura principal sea a base de marcos de concreto o acero existen frecuentemente muros de mampostería que llenan claros entre columnas formando un diafragma que incrementa notablemente la rigidez del conjunto ante cargas laterales. Si se desprecia en el análisis el efecto de estos muros pueden cometerse errores muy serios en la estimación de las fuerzas que actúan en los distintos elementos. Se tienen en estos casos dos opciones: desligar los muros para que los movimientos de la estructura no les afecten o no desligarlos y revisar que los esfuerzos y deformaciones que se inducen en la estructura puedan ser resistidos por la mampostería. En caso de desligar los muros hay que procurar que la holgura entre marco y muro sea suficientemente amplia para permitir los desplazamientos laterales sin que se llegue a tener contacto con los muros y proporcionar a los muros forma de resistir los empujes normales a su plano por medio de refuerzo o de apoyos deslizantes sobre la estructura principal.

2.1.2 Análisis de micro entorno

En la región Centro Americana es muy común utilizar mampostería en la construcción, los resultados pueden tener diferentes variaciones según materiales, métodos, entre otros.

Actualmente en Costa Rica, el método de construcción más utilizado para viviendas y edificaciones de baja y mediana altura es la mampostería. Este hecho se debe principalmente a que es un sistema fácil de construir y económico.

A pesar de la popularidad de la mampostería en el campo de la construcción, sus propiedades mecánicas según nuestras prácticas constructivas aún no han sido totalmente establecidas. Esto debido a la variedad de materiales que conforman estos sistemas estructurales y a la variabilidad de sus propiedades debido al proceso constructivo. (Navas, Cordero, 2013)

El reciente apogeo de las inversiones para construcción de edificios de altura en Honduras ha ocurrido como una oferta a los módulos empresariales y de vivienda, plantean espacios concentrados de gran accesibilidad con disponibilidad de diferentes productos y servicios en una misma área.

Tres zonas de la capital se convertirán en el epicentro de los edificios verticales, que inicialmente se levantaron como espacios para oficina y áreas comerciales, pero que ahora por el crecimiento poblacional de la capital demandó que los desarrolladores urbanísticos se inclinaran por estos proyectos. (Quintana, 2017)

Las consideraciones de diseño pueden variar según criterios y necesidades o solicitudes de los dueños de proyectos, de igual manera los sistemas estructurales a considerar deben cumplir con lo especificado en las normas aplicables.

La estructura productiva para los materiales de construcción ha ido expandiendo de gran manera para cubrir la demanda en crecimiento, como ser del cemento, importación de acero, mano de obra, bloques y de igual manera a mano de obra calificada o no calificada. Las nuevas construcciones deben contar con diseños más eficientes, obligando a tomar en cuenta todos los elementos que interactúan, además que se deben tener controles de calidad más rigurosos en las etapas de producción de materiales e instalación.

“Y es que según Obando el 75 % de las nuevas construcciones, en especial de edificios deben reunir como requisito las medidas de seguridad ante un movimiento telúrico, basados en el Código de la Construcción” (Pérez, 2016).

El cumplimiento en obra de las notas estructurales y especificaciones proporcionadas por los diseñadores para todos los materiales debe ser estándar de control de calidad, las consideraciones de cómo operan los sistemas estructurales y el comportamiento en respuesta a las cargas externas dependen de la aplicación de éstas.

En la actualidad del total de construcciones que reúnen las condiciones para soportar el embate de un fenómeno natural de este tipo el 20% pertenecen al sector público. Entre las construcciones estatales que cumplen con estos requerimientos se enlistan el Hospital Escuela Universitario, las nuevas edificaciones de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras y el edificio del Instituto Hondureño de Seguridad Social, ubicado en el barrio La Granja. El otro 55% corresponde al sector privado, obras que están ubicadas en el Bulevar Morazán, bulevar Suyapa, bulevar Juan Pablo II, y las colonias Lomas del Guijarro y Las Hadas. (Pérez, 2016)

2.1.3 Análisis interno

La caracterización de la mampostería en el país debe ser desde sus materiales, luego los productos poder describir desde enfoques geométricos, resistencia y desempeño. Finalmente el análisis del conjunto basados en normativas para poder establecer patrones de comportamiento. A la fecha se cuentan con investigaciones de este tipo en la región que puede ser aplicable a nuestro medio.

Los componentes utilizados para la construcción como el concreto hidráulico son diseñados para cumplir con especificaciones de construcción variables para cada proyecto, en nuestro caso los bloques utilizados en mampostería tienen diferentes referencias, siendo lo más importante la resistencia a la compresión.

La resistencia en compresión de las piezas es el índice de calidad más importante para definir la resistencia de muros de mampostería; su determinación se requiere para fines de control de calidad o para la determinación de la resistencia en compresión de la mampostería cuando no se cuente con datos previos para el material en cuestión. (Universidad Nacional Autónoma de México, 1989)

Conocer los factores más importantes determinantes de las paredes de bloque para considerarlas muros cortantes en el análisis y diseño, y el conocimiento de sus formas constructivas aportará una mejor utilización de los elementos.

Diversos ensayos de laboratorio realizados sobre mampostería de piedra y ladrillo, han permitido concluir que la resistencia de aplastamiento del mortero, no influye notablemente en el valor de la resistencia a compresión del panel, pero sí en sus propiedades de deformación lateral de las unidades, induciendo un estado triaxial de esfuerzos de compresión, mejorando así su resistencia.

Así mismo, dada la importancia que tiene la deformabilidad del elemento de unión, también resulta importante la relación entre el espesor de la junta de mortero y la altura de la unidad de mampostería; si dicha relación es alta, la tendencia al fallo será hacia el deslizamiento en la junta, mientras que, si presenta valores bajos, la resistencia a compresión del panel y la resistencia de la unidad son aproximadamente iguales. (Chinchilla, 2010)

En la región se han realizado ensayos concluyentes en las resistencias de mampostería, teniendo de referencia el valor de resistencia de los bloques y qué influencias pueden tener los diferentes componentes.

La resistencia a compresión de la mampostería es directamente proporcional a la resistencia a compresión de los bloques. Aumentar la resistencia a compresión de los bloques, es la manera más eficiente de aumentar la resistencia a compresión de la mampostería. (Navas, 2007)

También se puede evidenciar que el componente con menor resistencia de todos determina el punto de falla para los muros.

Al aumentar la resistencia a compresión del concreto de relleno, también aumenta la resistencia de la mampostería, pero no en forma proporcional. Por más alta que sea la resistencia del concreto de relleno, la resistencia de la mampostería estará restringida principalmente por la resistencia de los bloques. (Navas, 2007)

2.2 Teorías

2.2.1 Teorías de sustento

El diagrama de Ishikawa es una herramienta gráfica para análisis usualmente utilizada en administración combinada con muchas otras técnicas para el control de procesos, gestión y planificación de mejoras, con inclusión de todos los agentes implicados en el proceso de análisis.

El diagrama de Ishikawa también llamado diagrama de espina de pescado, diagrama de efecto- causa, diagrama grandal o diagrama causal, se trata de un diagrama que por su estructura ha venido a llamarse también: diagrama de espina de pez. Consiste en una representación gráfica y sencilla en la que se puede verse de manera racional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha. Es unas de las diversas herramientas sugeridas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en los servicios, para facilitar el análisis. (Ishikawa, K., 1943)

El uso de esta herramienta da lugar a una estructura de las posibles causas de un problema en análisis, su estructura da oportunidad de identificar inmediatamente oportunidades de mejoras para ser aplicadas, además se delimitan con las 6M para facilitar su integración al proceso.

El diagrama de Ishikawa o diagrama de causa y efecto es una de las herramientas clave para llevar a cabo la gestión eficaz de la calidad en la empresa. A la hora de encontrar las causas, tanto negativas como positivas, de un resultado que se está estudiando, esta herramienta se convierte en un potente aliado ya que permite determinar un conjunto de causas probables que delimitan el campo de actuación o revisión para comprender los orígenes del aspecto estudiado. (Rojo, 2014)

En la estructura del diagrama de Ishikawa los problemas son clasificados en seis causales:

1. Materia Prima
2. Metodologías
3. Mano de obra
4. Máquina
5. Medio ambiente
6. Mediciones

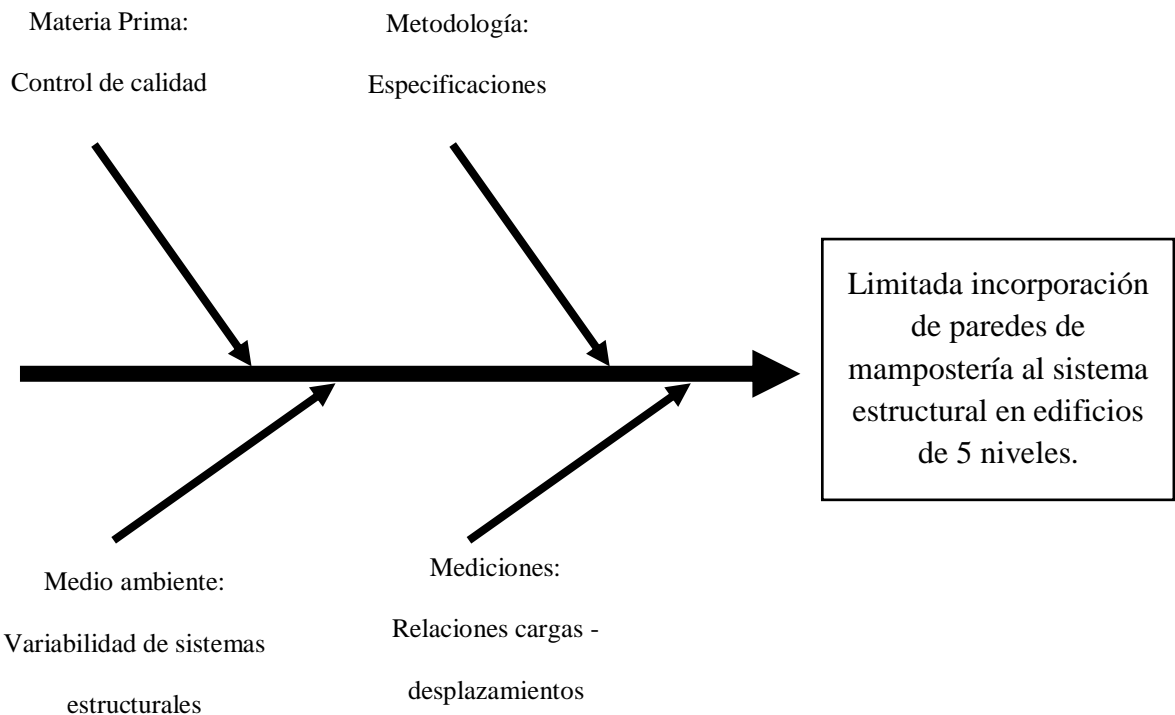


Figura 1. Diagrama de Ishikawa, efecto negativo

2.2.2 Conceptualización

Los principales componentes de los bloques son el cemento, la arena y el agua.

Harsem (2002) define el cemento y el agregado fino de la siguiente manera: El cemento se obtiene de la pulverización del clinker el cual es producido por la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos. Está constituido por los siguientes componentes:

- Silicato tricálcico, el cual le confiere su resistencia inicial e influye directamente en el calor de hidratación.
- Silicato di cálcico, el cual define la resistencia a largo plazo y no tiene tanta incidencia en el calor de hidratación.

- Aluminato tricálcico, es un catalizador en la reacción de los silicatos y ocasiona un fraguado violento. Para retrasar este fenómeno, es preciso añadirle y eso durante la fabricación del cemento.
- Aluminio-Ferrito Tetracálcico, influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.
- Componentes menores: óxidos de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio.

Tanto el agregado fino como el grueso, constituyen los elementos inertes del concreto, ya que no intervienen en las reacciones químicas entre cemento y agua. El agregado fino debe ser durable, fuerte, limpio, duro y libre de materias impuras como polvo, limo, pizarra, álcalis y materias orgánicas. No debe tener más de 5% de arcilla o limos ni más de 1.5% de materias orgánicas. Sus partículas deben tener un tamaño menor a 1/4" y su gradación debe satisfacer los requisitos propuestos en la norma ASTM-C-33-99^a.

El agua es un componente importante y determinante en las mezclas, su calidad puede tener provocar diferentes comportamientos químicos y de reacción entre los componentes.

Harsem (2002) define que el agua empleada en la mezcla debe ser limpia, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas. En general, el agua potable es adecuada para el concreto. Su función principal es hidratar el cemento. pero también se le usa para mejorar la trabajabilidad de la mezcla. Podrá emplearse agua no potable en la elaboración del concreto, siempre que se demuestre su idoneidad. Para ello se fabricarán cubos de mortero elaborados con ella y se ensayarán según la norma ASTM-C-1091109M-99. Si las resistencias obtenidas a los 7 y 28 días son por lo menos el 90% de las esperadas en morteros similares elaborados a base de agua potable el líquido es aceptable (ACI-3.4.3). Es conveniente verificar, adicionalmente, que no contenga agentes que puedan reaccionar negativamente con el refuerzo.

Cargas muertas: Las cargas muertas son los pesos de los diversos elementos estructurales y los pesos de todos los objetos que están unidos de manera permanente a la estructura. Por lo tanto, las cargas muertas de un edificio son el peso de las columnas, vigas, trabes, la losa del piso, el techo, paredes, ventanas, fontanería, instalaciones eléctricas y otros accesorios diversos. (Hibbeler, 2012)

Cargas Vivas: Las cargas vivas son cargas que pueden cambiar en magnitud y en posición, simplemente dicho, todas las cargas que no son muertas son vivas. Las cargas vivas que se mueven por su propia fuente de energía, como camiones, personas y grúas se denominan móviles, mientras que las cargas que pueden ser movidas, como muebles, materiales del almacén y la nieve se llaman movibles. Otras cargas vivas son las causadas por las operaciones de la construcción, el viento, la lluvia, los sismos, las explosiones, los suelos y los cambios de temperatura. (McCormac, 1994)

Cargas en edificios: se supone que los pisos de los edificios están sometidos a cargas vivas uniformes que dependerán de la finalidad para la cual se diseñó el edificio. Por lo general estas cargas se encuentran tabuladas en los códigos locales, estatales o nacionales. (Hibbeler, 2012)

El CHOC (2008) define: Un **sistema de marco rígido** es un sistema estructural con un marco espacial esencialmente completo que proporciona el soporte para las cargas de gravedad. La resistencia a las cargas laterales es proporcionado principalmente por la acción flexionante de miembros.

Un **sistema doble** es un sistema estructural con las siguientes características:

- a) Un marco espacial esencialmente completo que proporciona soporte para las cargas de gravedad.
- b) La resistencia a cargas laterales es proporcionada por dos sistemas: muros cortante o marcos arriostrados y marcos rígidos.
- c) Los dos sistemas deberán diseñarse para resistir todo el cortante de diseño en la base V, en proporción a su rigidez relativa, considerando la interacción del sistema doble en todos los niveles.

“Mampostería: Construcción o combinación de unidades de edificación de materiales de arcilla, esquisto, hormigón, vidrio, yeso, piedra u otras unidades aprobadas unidas con o sin mortero, o lechada de cemento u otro método de unión aceptado” (IBC, 2006).

“Mampostería Simple: Mampostería en la cual se considera la resistencia a tracción de la mampostería y los efectos de tensión en el refuerzo son despreciables” (IBC, 2006).

Bloques de Concreto: Los bloques de concreto se producen con gran variedad de tamaños, formas, texturas y calidades. Los más utilizados en obras de mampostería estructural son los de dos huecos y de espesores nominales de 10, 15, 20 y 25 centímetros. Las dimensiones reales son del orden de 1 centímetro menos que las nominales, medios bloques y formas especiales para dinteles y vigas y columnas que permiten la colocación del refuerzo de una manera conveniente. Los huecos del bloque permiten la formación de celdas verticales en donde se coloca el refuerzo dentro de un relleno de mortero fluido y se construyen con cierta inclinación, necesaria para facilitar su extracción de los moldes y la cara con tabiques y paredes más gruesas van en la superficie para colocar el mortero. (Sánchez, Mejía, 2009)

Los muros son elementos verticales que se usan para separar y cerrar espacios. Aunque son malos aislantes térmicos y acústico, se usan mucho en la construcción por sus propiedades resistentes. Por las cargas que reciben, pueden clasificarse en muros portantes, muros no portantes y muros estructurales o de corte. Los primeros son aquéllos que soportan cargas verticales y/o cargas horizontales perpendiculares a él mientras que los segundos sólo resisten su peso propio y eventualmente cargas horizontales. Los muros de sostenimiento y algunos muros de sótano pertenecen a este grupo. Los muros estructurales o de corte, llamados comúnmente placas, se diferencian de los dos anteriores porque reciben cargas horizontales paralelas a la cara del muro, las cuales generan importantes esfuerzos cortantes en la estructura. Los muros de corte pueden ser portantes o no portantes. (Harsem, 2002)

Muros de Cortante: En edificios altos es necesario proveer una rigidez adecuada para resistir las fuerzas laterales causadas por viento y sismo. Cuando tales edificios no son adecuadamente diseñados para estas fuerzas, pueden presentarse esfuerzos muy altos, vibraciones y deflexiones laterales cuando ocurran estas fuerzas. Los resultados pueden incluir no sólo severos daños a los edificios, sino también considerables molestias a sus ocupantes.

Los muros deben ser suficientemente rígidos para limitar las deflexiones a valores razonables. Se usan comúnmente los muros de cortante en edificios con losas de piso de placa plana. De hecho, esta combinación de losas y muros es el tipo más común de construcción usado actualmente en edificios altos de apartamentos y otros tipos de edificaciones residenciales. (McCormac, 2011)

Muros Reforzados Interiormente: En la mampostería reforzada interiormente se distribuye el refuerzo horizontal y vertical en el interior del muro aprovechando para ello piezas huecas o con formas especiales para alojar el refuerzo y en otros casos también las juntas. (Sánchez, 2009)

Muros de Concreto Armado: Los muros de concreto armado pueden resistir cargas verticales y cargas horizontales perpendiculares y paralelas a su cara. A diferencia de los muros de concreto simple, admiten desplazamiento lateral de sus apoyos y deben estar provistos del refuerzo mínimo. Los muros de concreto armado deberán ser convenientemente anclados en las columnas y losas que le sirven de apoyo, en la cimentación, así como en los muros que los interceptan. Los muros se anclarán en la cimentación extendiendo, por lo menos, una cantidad de refuerzo igual a la cuantía mínima vertical. (Harsem, 2002)

“ E_m : módulo de elasticidad de la mampostería” (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente).

“ f_m : resistencia especificada a la compresión de la mampostería” (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente).

2.3 Metodologías aplicadas

2.3.1 Normas Técnicas Código Hondureño de Construcción (CHOC 08)

En el capítulo 4 del CHOC (2008), Estructuras de Mampostería, en sus disposiciones generales se define un alcance de los materiales, diseño, construcción y control de calidad de las estructuras de mampostería deberán estar de acuerdo con estas normas técnicas. Estas normas han sido tomadas del Uniform Building Code, 1994.

La mampostería deberá cumplir con las disposiciones de uno de los siguientes métodos de diseño, así como también con los requisitos de las Secciones 1 hasta 5 de estas normas.

El diseño de mampostería por el método de diseño de esfuerzos de trabajo deberá cumplir con las disposiciones de las Secciones 4.6 y 4.7.

El diseño de mampostería por el método de diseño por resistencia deberá cumplir con las disposiciones de las Secciones 4.6 y 4.8.

2.3.2 Método por la resistencia de pieza

El CHOC (2008) establece que la verificación por la resistencia de pieza deberá cumplir la norma ASTM C 140 y con lo siguiente:

Cuanto todo el esfuerzo permisible es utilizado en el diseño, la resistencia a la compresión de las piezas deberá ser aprobada antes de la construcción y durante la construcción por cada 465m² de área de muro para cumplir con la resistencia a la compresión requerida.

Cuando la mitad del esfuerzo permisible es utilizado en el diseño, no se requieren pruebas de las piezas. Una carta de certificación del fabricante de las piezas deberá ser proporcionada en el momento de, o antes de, la entrega de las unidades al sitio de obra para asegurar que las piezas cumplen con la resistencia a la compresión requerida.

2.3.3 Valor de f'_m basado en la calidad de los materiales

Según el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (2010) especifica que para la determinación de la resistencia de la mampostería a la compresión se pueden utilizar los siguientes procedimientos:

- Por medio de registros históricos.
- Por determinación experimental sobre muretes de prueba.
- Por medio de ensayos sobre materiales individuales.

Cuando f'_m no se seleccione mediante ensayos de muretes preliminares o históricos su valor puede determinarse con base en una correlación apropiada de la calidad de los materiales empleados.

2.3.4 Análisis por Elementos Finitos

El método de los elementos finitos es un método genérico para obtener soluciones numéricas, con una precisión aceptable, a muchos problemas complejos de ingeniería, constituidos o modelados

mediante continuos. A través del método de los elementos finitos se ha conseguido abordar, con eficiencia, problemas tan disímiles como el análisis estructural, la transferencia de calor, el flujo de fluidos, los campos eléctricos, etc. (Romo, 2008)

Para el análisis de los modelos López, Oller y Oñate (1998) definen:

La mampostería es un material que presenta direccionalidad en sus propiedades debido a que las juntas del mortero actúan como planos de debilidad en el material. En general, la aproximación hacia una modelización numérica puede ser enfocada con Micromodelos, en los cuales discretizan de forma detallada y separada ladrillos y juntas. Por otra parte, existe la posibilidad de hacer un tratamiento como Macromodelado donde se trata a la mampostería como un material compuesto. Dependiendo del nivel de detalle deseado es posible utilizar las siguientes formas de modelización:

Micromodelización detallada: ladrillos y morteros son representados por elementos continuos, mientras que el comportamiento de la interfase mortero-ladrillo es representada por elementos discontinuos.

Micromodelización simplificada: en este caso, los materiales están representados por un elemento continuo donde el comportamiento de las juntas de mortero y la interfase ladrillo-mortero está separada por discontinuidades.

Macromodelización: los ladrillos, mortero e interfase ladrillo-mortero están englobados por un mismo elemento. Dentro de este tipo de discretización podemos englobar la técnica de homogenización que en este trabajo se pasará a desarrollar.

Los macromodelos son aplicables cuando la estructura está compuesta por muros sólidos con dimensiones lo suficientemente grande que hacen que las tensiones a través y a lo largo de los elementos sean esencialmente uniformes. Evidentemente, la macromodelización es mucho más práctica debido al reducido tiempo y memoria requerido computacionalmente hablando, así como una mayor facilidad en la generación de malla. Este tipo de modelización tiene mayor valor cuando el compromiso entre precisión y eficiencia es necesario.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

A continuación, se define la congruencia metodológica y el diseño de la investigación, se detallan las técnicas de recolección de información, el enfoque utilizado y las fuentes tomadas en cuenta para toda la metodología.

3.1 Congruencia metodológica

Tabla 1. Matriz metodológica

Título	Problema	Pregunta principal	Preguntas de investigación	Objetivo		Variables	
				General	Específico	Independiente	Dependiente
Sistemas estructurales dobles con muros de mampostería en edificios de concreto reforzado	Limitada incorporación de paredes de mampostería al sistema estructural en edificios de 5 niveles.	¿Qué aportan las paredes de bloque al sistema estructural en edificios?	¿Cómo se comportan estructuralmente los sistemas combinados con muros de cortante y marcos rígidos según las especificaciones técnicas del CHOC?	Potenciar la incorporación de elementos de mampostería al sistema estructuras de edificios de 5 niveles, mediante una guía de construcción de paredes de mampostería para edificios, para realizar diseños más eficientes y seguros.	Identificar el comportamiento estructural de edificios con sistemas combinados de muros de cortante y marcos rígidos basados en las Especificaciones Técnicas del CHOC 08.	Sistemas Estructurales	Guía de construcción de paredes de mampostería para edificios
			¿Existe alguna preferencia por utilizar muros de cortante de concreto reforzado o mampostería por parte de los diseñadores?		Establecer la preferencia de materiales para muros de cortante por parte de los diseñadores.		
			¿Qué consideraciones se deben tener para que la mampostería sea parte del sistema estructural?		Definir las consideraciones de diseño para garantizar que la mampostería sea parte del sistema estructural.	Especificaciones	

Continuación de Tabla 1. Matriz metodológica

Título	Problema	Pregunta principal	Preguntas de investigación	Objetivo		Variables	
				General	Específico	Independiente	Dependiente
Sistemas estructurales dobles con muros de mampostería en edificios de concreto reforzado	Limitada incorporación de paredes de mampostería al sistema estructural en edificios de 5 niveles.	¿Qué aportan las paredes de bloque al sistema estructural en edificios?	¿Cómo afectan los muros cortantes de mampostería la respuesta de sistemas estructurales dobles ante las solicitaciones?	Potenciar la incorporación de elementos de mampostería al sistema estructuras de edificios de 5 niveles, mediante una guía de construcción de paredes de mampostería para edificios, para realizar diseños más eficientes y seguros.	Identificar cómo afectan los muros cortantes de mampostería la respuesta de sistemas estructurales dobles ante las solicitaciones.	Respuesta de sistema estructural	Guía de construcción de paredes de mampostería para edificios
			¿Qué beneficios se pueden obtener de considerar sistemas estructurales combinados?	Establecer una relación de los beneficios que se pueden obtener de los sistemas estructurales combinados.	Beneficios		

3.1.1 Variables de estudio

Esquema de variables

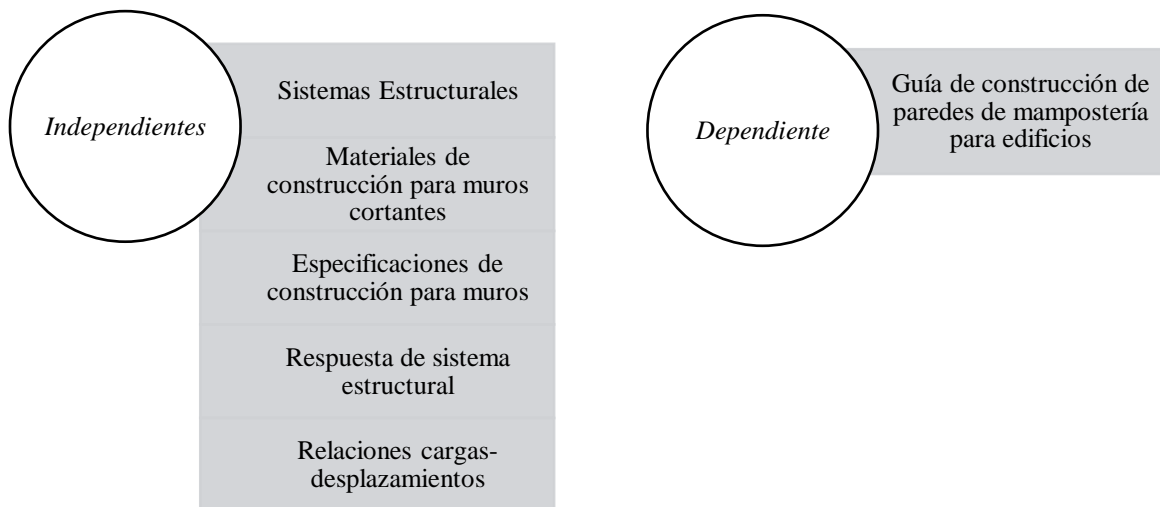


Figura 2. Esquema de variables

3.1.2 Operacionalización de las variables

Tabla 2. Operacionalización de Variables

Variable	Definición		Dimensión	Indicador	Ítems	Unidades (Categorías)
	Conceptual	Operacional				
Sistemas Estructurales	"Combinación de elementos estructurales como losas, columnas, vigas y zapatas" (Nilson 2001, p. 550).	Sistema definido para resistir las cargas	Bases del diseño	Uso de Sistema Estructural	¿Qué tipo de sistema estructural utilizó para el diseño?	a. Marco Rígido b. Muros Cortantes c. Muros de Carga d. Sistemas Combinados
Material de construcción para muros cortantes	Tipo de muro cortante según material de construcción	Define características de materiales constructivos	Bases del diseño	Material de muros	En caso de utilizar muros estructurales, ¿Qué material es de su preferencia?	a. Concreto b. Mampostería Armada
Especificaciones de construcción para muros	Código utilizado para el diseño	Detalles y parámetros constructivos	Bases del diseño	Código de diseño	¿Presenta detalles constructivos de muros, incluyendo armados y anclajes?	a. Si b. No

Continuación de Tabla 2. Operacionalización de Variables

Variable	Definición		Dimensión	Indicador	Ítems	Unidades (Categorías)
	Conceptual	Operacional				
Respuesta de sistema estructural	Comportamiento estructural de un sistema frente a las cargas	Reacciones del sistema estructural	Aplicabilidad	Comportamiento	Modelaciones	a. Derivas b. Esfuerzos
Relaciones cargas-desplazamientos	Relación de las cargas aplicadas y la respuesta de la estructura	Define un cociente para comparación	Aplicabilidad	Comportamiento	Modelaciones	a. Derivas b. Esfuerzos

3.1.3 Hipótesis

El uso de sistemas combinados con muros de mampostería presenta un mejor comportamiento frente a sistemas de marco rígido.

3.2 Enfoque y métodos de la investigación

El enfoque metodológico principal a emplear para la realización de esta investigación está basado en el enfoque mixto, con la tendencia hacia un enfoque cuantitativo, de esta manera se analizará las propiedades de los materiales y resistencias que se obtienen de los productos. Y en el enfoque cualitativo los procedimientos de fabricación de los diferentes proveedores a ser tomados como muestra.

Bernal. C.A. (2010) dice: en la actualidad, sin embargo, dada la diversidad de escuelas y paradigmas investigativos, estos métodos se han complementado y es frecuente reconocer, entre otros, métodos como los siguientes:

Método deductivo: Este método de razonamiento consiste en tomar conclusiones generales para obtener explicaciones particulares. El método se inicia con el análisis de los postulados, teoremas, leyes, principios, etcétera, de aplicación universal y de comprobada validez, para aplicarlos a soluciones o hechos particulares.

Método inductivo: Este método utiliza el razonamiento para obtener conclusiones que parten de hechos particulares aceptados como válidos, para llegar a conclusiones cuya aplicación sea de carácter general. El método se inicia con un estudio individual de los hechos y se formulan conclusiones universales que se postulan como leyes, principios o fundamentos de una teoría.

Método inductivo-deductivo: Este método de inferencia se basa en la lógica y estudia hechos particulares, aunque es deductivo en un sentido (parte de lo general a lo particular) e inductivo en sentido contrario (va de lo particular a lo general).

Método hipotético-deductivo: Consiste en un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos.

Método analítico: Este proceso cognoscitivo consiste en descomponer un objeto de estudio, separando cada una de las partes del todo para estudiarlas en forma individual.

Método sintético: Integra los componentes dispersos de un objeto de estudio para estudiarlos en su totalidad.

Método analítico-sintético: Estudia los hechos, partiendo de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para estudiarlas en forma individual (análisis), y luego se integran esas partes para estudiarlas de manera holística e integral (síntesis).

Método histórico-comparativo: Procedimiento de investigación y esclarecimiento de los fenómenos culturales que consiste en establecer la semejanza de esos fenómenos, infiriendo una conclusión acerca de su parentesco genético, es decir, de su origen común.

Métodos de investigación cualitativa y cuantitativa: Otra forma reciente de caracterizar métodos de investigación es la concepción de métodos cimentada en las distintas concepciones de la realidad social, en el modo de conocerla científicamente y en el uso de herramientas metodológicas que se emplean para analizarla. Según esta concepción, el método de investigación suele dividirse en los métodos cuantitativo, o investigación cuantitativa, y cualitativo o investigación cualitativa.

3.3 Diseño de la investigación

Es necesario identificar la manera en la cual se responderán las preguntas de investigación, con el propósito de cumplir con los objetivos que se plantea. Para la investigación se seguirán las siguientes etapas:

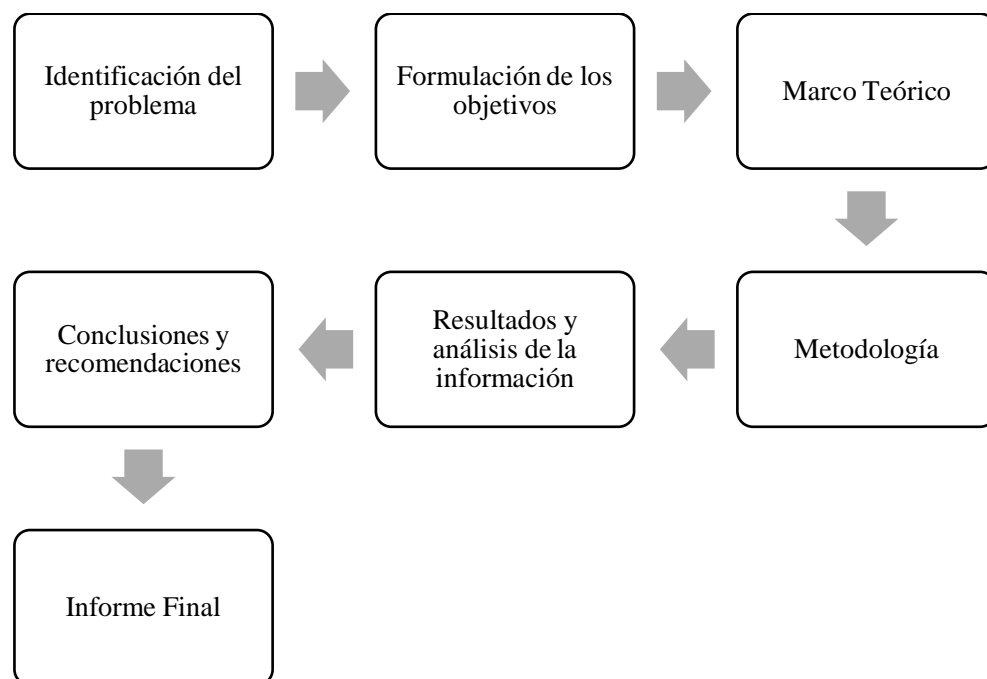


Figura 3. Diseño de la investigación (etapas)

3.3.1 Población

La población seleccionada por conveniencia para realizar esta investigación fueron 30 profesionales de la Ingeniería que están involucrados en el diseño de edificaciones, quienes conocen de primera mano los procedimientos, consideraciones y posibles escenarios de respuesta de las estructuras.

Para el caso de los ensayos de laboratorio para el análisis de propiedades se utilizaron 3 proveedores de piezas de mampostería de concreto con mayor acceso en el Distrito Central.

3.3.2 Descripción de la muestra

Se utilizó un muestreo no probabilístico, la investigación está dirigida a un segmento poblacional específico, con una muestra a conveniencia de 20 ingenieros o arquitectos involucrados en el diseño de edificios.

Para las piezas de mampostería de concreto se realizó un muestreo aleatorio, para cada proveedor se utilizaron muestras de 15 bloques de concreto de 8" para obtener propiedades geométricas y resultados de resistencia a compresión.

3.3.3 Unidad de análisis

La unidad de análisis del estudio se basa en profesionales de la Ingeniería involucrados en el diseño de estructuras.

Para los elementos de mampostería de concreto reforzado se utilizaron bloques de 8” de dimensiones normales en el mercado.

Para el análisis de elementos finitos se desarrollaron edificios de concreto con distribuciones de elementos estructurales idénticas y propiedades de los materiales como resistencias y secciones geométricas iguales. Se variaron incluyendo muros de mampostería con distribuciones simétricas en todos los pisos de la estructura.

3.3.4 Unidad de respuesta

La unidad de respuesta para cuestionarios y entrevistas es de porcentajes.

Para los ensayos de piezas de mampostería se definieron resultados de áreas en centímetros cuadrados, esfuerzos en kilogramos sobre centímetro cuadrado para poder establecer las relaciones entre los lotes ensayados.

Para los modelos de Elementos Finitos se proporcionan unidades de longitud como centímetros y de fuerza como kilogramos y toneladas.

3.4 Instrumento y Técnicas aplicadas

3.4.1 Instrumento

Para estandarizar el proceso de investigación se diseñará un cuestionario con el objeto de recopilar la información con datos precisos y confiabilidad.

“El cuestionario es un conjunto de preguntas diseñadas para generar los datos necesarios, con el propósito de alcanzar los objetivos del proyecto de investigación” (Bernal, 2010, p. 250).

3.4.2 Técnicas

Como técnica principal se utilizó la encuesta, que es la herramienta principal para la obtención de datos del enfoque cualitativo, la cual contiene preguntas abiertas y nos servirán para la extracción de datos a ser analizados por métodos no estadísticos. Se aplica a un grupo reducido que no representa toda la muestra.

Encuesta es una de las técnicas de recolección de información más usadas, a pesar de que cada vez pierde mayor credibilidad por el sesgo de las personas encuestadas. La encuesta se fundamenta en un cuestionario o conjunto de preguntas que se preparan con el propósito de obtener información de las personas. (Bernal, 2010)

Como técnica secundaria para la recolección de datos se utilizó la entrevista, que es la herramienta principal para obtener datos para un enfoque cuantitativo, su cuerpo se fundamenta en preguntas y respuestas cerradas aplicada a toda la muestra y serán utilizadas para extraer información y analizar por métodos estadísticos.

Entrevista Técnica orientada a establecer contacto directo con las personas que se consideren fuente de información. A diferencia de la encuesta, que se ciñe a un cuestionario, la entrevista, si bien puede soportarse en un cuestionario muy flexible, tiene como propósito obtener información más espontánea y abierta. Durante la misma, puede profundizarse la información de interés para el estudio. (Bernal, 2010)

Se realizaron ensayos de laboratorio bajo normas aplicables y se utilizó la macro modelización como técnica para los modelos de elementos finitos,

3.4.3 Procedimiento

La encuesta y entrevista fueron realizadas de manera presencial.

Los ensayos de laboratorio fueron realizados en las instalaciones de ASP Consultores.

Las modelaciones con elementos finitos fueron realizadas utilizando el software E-tabs.

3.5 Fuentes de información

3.5.1 Fuentes primarias

Las fuentes primarias para la investigación son las encuestas y entrevistas, así como otras fuentes directas o de primera mano que se tuvo acceso.

La observación y medición de los ensayos de laboratorio, los resultados obtenidos fueron tabulados y analizados y sirvieron para alimentar los modelos realizados de Elementos Finitos y de estos se obtuvieron resultados para análisis y conclusiones de comportamientos estructurales.

3.5.2 Fuentes secundarias

Las fuentes secundarias serán bibliográficas, libros, investigaciones previas, documentos técnicos entre otros.

3.6 Limitantes del estudio

Cantidad de profesionales de la Ingeniería involucrados en el diseño de estructuras destinadas a funciones habitacionales.

Los tamaños de las muestras calculados para los ensayos de las piezas de mampostería de concreto representan un elevado costo, de igual manera se utilizaron cantidades representativas para poder obtener valores bases.

Necesidad de equipo especializado para poder realizar ensayos de compresión a prismas de mampostería, por lo tanto, se utilizó de referencia diferentes resultados obtenidos de investigaciones en el medio y normas aplicables para determinar valores de compresión de mampostería.

Entre otras limitaciones de la investigación están el acceso a información sensible en las empresas involucradas en los diseños de estructuras.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se presentan los resultados de los instrumentos utilizados en la recopilación de la información y su análisis aplicando estadística descriptiva.

4.1 Resultados de la encuesta

Se presentan los resultados obtenidos de las encuestas realizadas:

1. ¿Cuál es su nivel educativo?

Tabla 3. Nivel Educativo

Escolaridad		
	Frecuencia	Porcentaje
Pregrado	11	55%
Post grado	9	45%
Doctorado	0	0%
Total	20	100%

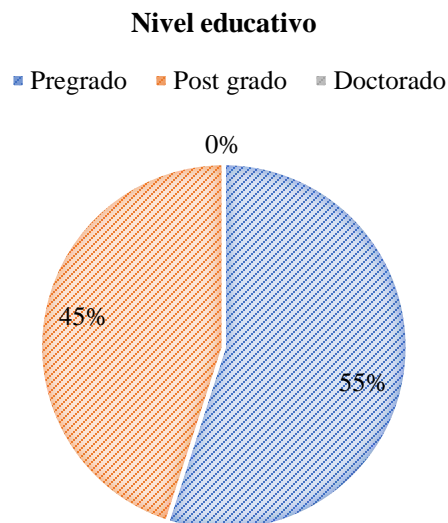


Figura 4. Nivel Educativo

Se encontró que el principal nivel educativo de los encuestados es el de post grado con un 55%, para el nivel de pregrado se obtiene también un alto nivel de significancia con un 45%. Dentro de las variables se incluyó doctorado, pero no se tuvo ningún caso. Se muestra una tendencia ascendente en el nivel educativo y esto da una mayor credibilidad en el estudio realizado.

2. ¿Ha realizado diseños de estructuras habitacionales?

Tabla 4. Diseños de estructuras habitacionales

¿Ha realizado diseños de estructuras habitacionales?		
	Frecuencia	Porcentaje
Si	15	75%
No	5	25%
Total	20	100%

¿Ha realizado diseños de estructuras habitacionales?

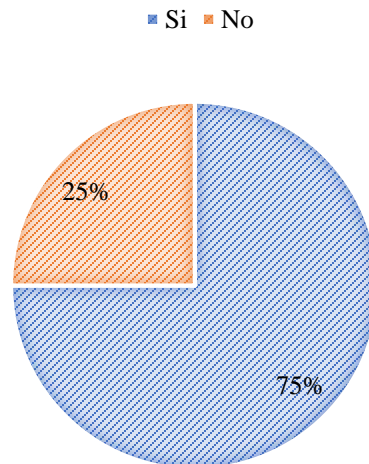


Figura 5. Diseños de estructuras habitacionales

Se encontró un 75% de incidencia en realización de diseños estructurales, se muestra una tendencia ascendente por lo que se concluye que el gremio se irá involucrando en diseños habitacionales según su área de especialización.

3. ¿Qué tipo de sistema estructural utilizaría para el diseño?

Tabla 5. Sistema Estructural

¿Qué tipo de sistema estructural utilizaría para el diseño?		
	Frecuencia	Porcentaje
Marco Rígido	7	35%
Muros Cortantes	1	5%
Muros de Carga	0	0%
Sistemas Combinados	12	60%
Total	20	100%

¿Qué tipo de sistema estructural utilizaría para el diseño?

■ Marco Rígido ■ Muros Cortantes ■ Muros de Carga ■ Sistemas Combinados

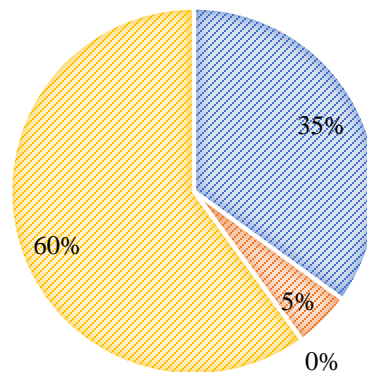


Figura 6. Sistema Estructural

El sistema estructural de preferencia utilizado para el diseño es Sistemas Combinados, seguido por Marcos Rígidos, con una frecuencia acumulada del 95%. La tendencia es ascendente en el uso de Sistemas Combinados y se concluye que esto impacta positivamente en el desarrollo y búsqueda de hacer más eficientes los diseños estructurales.

4. En caso de utilizar muros estructurales, ¿Qué material es de su preferencia?

Tabla 6. Material de preferencia

En caso de utilizar muros estructurales, ¿Qué material es de su preferencia?		
	Frecuencia	Porcentaje
Concreto	14	70%
Mampostería Armada	6	30%
Total	20	100%

En caso de utilizar muros estructurales, ¿Qué material es de su preferencia?

■ Concreto ■ Mampostería Armada

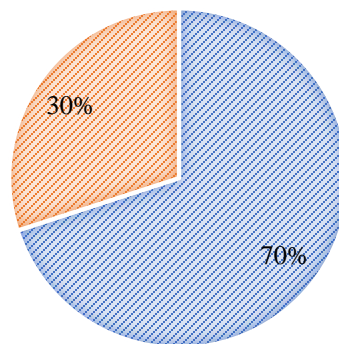


Figura 7. Material de preferencia

Se encontró que el material de preferencia para la construcción de muros es el concreto reforzado en un 70%, el resto consideraría usar Mampostería Armada. Esta tendencia negativa del uso de mampostería armada en edificios concluye que se debe seguir fortaleciendo el uso del material desde un enfoque técnico.

5. ¿Presenta detalles constructivos de muros, incluyendo armados y anclajes?

Tabla 7. Uso de detalles constructivos

¿Presenta detalles constructivos de muros, incluyendo armados y anclajes?		
	Frecuencia	Porcentaje
Si	16	80%
No	4	20%
Total	20	100%

¿Presenta detalles constructivos de muros, incluyendo armados y anclajes?

■ Si ■ No

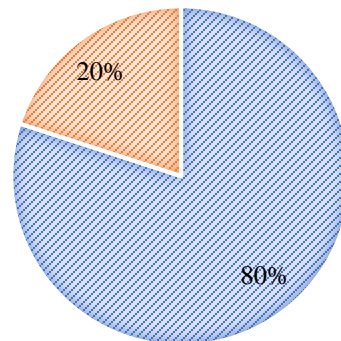


Figura 8. Uso de detalles constructivos

Se encontró que, si se presentan detalles constructivos con un 80% de incidencia, esto muestra una tendencia positiva concluyendo la estandarización de los productos y aplicación de normas y especificaciones en los diseños.

6. ¿Incluir muros cortantes mejoran el comportamiento estructural?

Tabla 8. Los muros cortantes mejoran el comportamiento estructural

¿Incluir muros cortantes mejoran el comportamiento estructural?			
	Frecuencia	Porcentaje	
Si	19	95%	
No	1	5%	
Total	20	100%	

¿Incluir muros cortantes mejoran el comportamiento estructural?

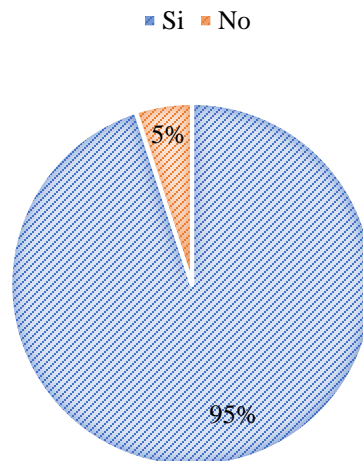


Figura 9. Los muros cortantes mejoran el comportamiento estructural

Se encontró que se cuenta con el concepto que los muros cortantes pueden mejorar el comportamiento estructural, con una tendencia ascendente y se concluye su impacto positivo en las estructuras siendo necesario realizar modelos y poder obtener una relación de cargas y deformaciones, así como establecer la interacción entre los diferentes elementos estructurales.

Se realizaron los siguientes cruces de variables para analizar la relación entre ellas.

Tabla 9. Cruce Nivel Educativo con haber realizado diseños

		¿Ha realizado diseños de estructuras habitacionales?	
		Si	No
Nivel Educativo	Pregrado	7	4
	Post grado	8	1
	Doctorado	0	0

Se define una tendencia positiva en el involucramiento de los profesionales en los diseños de estructuras.

Tabla 10. Cruce Material de preferencia con Sistema Estructural

		¿Qué tipo de sistema estructural utilizaría para el diseño?			
		Marco Rígido	Muros Cortantes	Muros Cortante de Mampostería	Sistemas Combinados
En caso de utilizar muros estructurales, ¿Qué material es de su preferencia?	Concreto	2	1	0	11
	Mampostería Armada	5	0	0	1

Se encontró el uso de la Mampostería Armada en sistemas de Marcos Rígidos, considerados únicamente como divisiones sin aportar a la resistencia, y en los casos de los Sistemas Combinados el uso de muros estructurales de Concreto, identificando un limitado uso de la mampostería confirmando el planteamiento del problema de la investigación.

4.2 Resultados de las entrevistas

Los resultados de la entrevista aplicada son conocer las opiniones de los diseñadores de estructuras, en qué basan los diseños, qué consideraciones tienen para la concepción y definición del sistema estructural. Así como qué impacto podrían tener en las estructuras la inclusión de diferentes elementos estructurales y qué tipo de comportamientos esperarían. A continuación, se muestran los resultados de dos entrevistas realizadas:

1. ¿En los diseños de edificios, como estructuras destinadas a proyectos habitacionales que tipo de consideraciones toma?
 - a) Lo primero son todos los elementos de entrada, la ubicación, planos, ensayos de suelos, qué quiere el cliente, para qué es la estructura, con eso nosotros ya podemos definir las resistencias de los materiales y las cargas.
 - b) Para empezar un edificio lo primero es la arquitectura. Saber dónde va estar ubicado y el tamaño, la parte de la cimentación es de lo primordial. Muchas veces he visto que el edificio es comercial y el último piso lo usan de bodega, hay que tener cuidado con eso, por ejemplo.

Se debe entender que esto al final afectará el diseño, cómo se va a comportar la estructura y recordar que la seguridad es lo primero.

2. ¿En qué se basa para definir el sistema estructural? Alguna limitación.
 - a) Usualmente las limitaciones son arquitectónicas, la división de espacios dicta la configuración de los elementos estructurales, eso es la base. El trabajo debe ser en conjunto con el arquitecto, ingeniero electromecánico, las cosas van cambiando.

- b) La altura más que todo, a cierto número de pisos es necesario incluir muros cortantes por que las columnas empiezan a salir muy grandes. El módulo de elevadores y paredes fijas es bueno incluirlas.
3. ¿De contar con paredes en las divisiones arquitectónicas, aprovecha de ellas? ¿Cómo afectan estos elementos la respuesta de los sistemas estructurales?
- a) Realmente no, las paredes internas son de división. Para los elevadores sí.
 - b) Lo que mencionaba de la altura del edificio, llega un punto donde las deflexiones son muy grandes y se incluyen muros. El proceso es de prueba y error hasta donde sea seguro.
4. ¿En que basa su decisión para definir el material de los muros?
- a) Ya están establecidas de concreto reforzado para los elevadores.
 - b) En lo que van a resistir, empezar con un espesor de muro y ver el acero que se incluye.
5. Constructivamente, ¿Qué consideraciones especiales se deben tener para que lo diseñado sea lo construido?
- a) Supervisión.
 - b) Que los planos tengan toda la información y sean detallados, que toda la información vaya lo más claro posible.

6. ¿Se pueden obtener beneficios del uso de mampostería armada en sistemas estructurales combinados?
- a) Para construcciones pequeñas sí, pero por la cantidad de acero a incluir puede ser más barato construir vigas, columnas cimentación y ya.
 - b) Las paredes siempre deben llevar su refuerzo, castillos a cada 3 metros para que no se agrieten. El mayor problema con las paredes es que no resisten cargas grandes. Pueden llegar a aportar, pero es una reserva que se tiene.

4.2.1 Análisis de entrevistas

A continuación, se muestran las ideas principales obtenidas de las entrevistas:

- La entrada principal para el diseño estructural es el diseño arquitectónico, esto define distribución de espacios, por lo tanto, el uso y con esto definir las cargas implicadas a los elementos. El trabajo no es aislado y debe ser en conjunto con los demás especialistas involucrados como ser el arquitecto, ingeniero electromecánico para entender la funcionalidad de cada sección y los diseños cumplan los objetivos y poder definir los elementos estructurales que podría hacer frente a estas exigencias de la manera más óptima para lograr éxito en los proyectos.
- En edificios de gran altura puede ser necesario incorporar más elementos estructurales como muros cortantes para el control de derivas. Para lograr un resultado seguro y económico se debe realizar un proceso iterativo, con esto se refieren la solución no se obtiene en el primer intento.
- El uso de mampostería se limita al uso de divisiones y no se toman en cuenta en el análisis y diseño, se sabe tienen un aporte en el funcionamiento estructural, pero es

despreciado. Su construcción se limita al control de agrietamiento y fallas que pudieran ocurrir por cargas internas.

4.3 Resultados de ensayos en bloques

Para los ensayos de resistencias a compresión se utilizaron 3 lotes de 15 bloques de diferentes proveedores, se realizaron las mediciones geométricas, se calcularon áreas promedio y se realizaron las mediciones del ensayo de compresión. A continuación, se muestran las tablas resumen de los ensayos:

Tabla 11. Áreas promedio de bloques por lote

	Lote 1	Lote 2	Lote 3
A1 (cm ²)	464.73	433.5	436.55
A2 (cm ²)	467.12	439.25	456.55
A3 (cm ²)	448.73	413.75	439.675
A4 (cm ²)	458.73	419.5	456.55
A Promedio (cm ²)	459.83	426.50	447.33

Tabla 12. Resistencias fp obtenidas por lote

Lote 1		Lote 2		Lote 3	
Lectura	Resistencia	Lectura	Resistencia	Lectura	Resistencia
Kg	Kg/cm ²	Kg	Kg/cm ²	Kg	Kg/cm ²
21460.32	46.67	28916.10	67.80	26612.24	59.49
26630.39	57.91	30548.75	71.63	29424.04	65.78
20843.54	45.33	26702.95	62.61	29242.63	65.37
23278.91	50.63	29378.68	68.88	27646.26	61.80
24616.78	53.53	30566.89	71.67	27863.95	62.29
22131.52	48.13	28562.36	66.97	28235.83	63.12
25922.90	56.37	27609.98	64.74	28163.27	62.96
23990.93	52.17	27147.39	63.65	28299.32	63.26
24698.41	53.71	30693.88	71.97	28734.69	64.24
22095.24	48.05	29895.69	70.10	27918.37	62.41
22848.07	49.69	30929.71	72.52	29324.26	65.55

23065.76	50.16	29560.09	69.31	29079.37	65.01
23800.45	51.76	26721.09	62.65	27619.05	61.74
23219.95	50.50	27972.79	65.59	26875.28	60.08
23337.87	50.75	28299.32	66.35	28839.00	64.47

Cada lote tuvo un comportamiento variable, como es normal en ensayos de compresión de bloques, pero utilizando herramientas estadísticas se obtuvieron los promedios de cada uno y en referencia las recomendaciones CHOC-08 y del Reglamento Colombiano Sismo Resistente para Mampostería estructural el f'_m no será superior al 75% del f'_p , como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 13. Resistencia f'_m por lote

	Lote 1	Lote 2	Lote 3
f'_p (Kg/cm ²)	47.61	47.58	49.10
f'_m (Kg/cm ²)	35.80	35.78	36.92

El CHOC-08 en el numeral 4.8.2.5.1 especifica que el f'_m no deberá ser menor que 105 Kg/cm² ni mayor que 280 Kg/cm² para el diseño de muros para cargas en el plano, de los ensayos resulta un $f'_m = 35$ Kg/cm² lo que indica estar fuera de parámetros de calidad mínimos. Por lo tanto, es necesario una fabricación y control específico para los bloques a ser utilizados en muros.

4.4 Resultados de modelos de Elementos Finitos

Se realizaron dos modelos con características similares en cuanto a distribución y características de los materiales, uno de Marco Rígido y otro de Sistema Combinado. En la tabla se muestra un resumen general de los parámetros de entrada utilizados para los materiales y las características de la mampostería:

Tabla 14. Propiedades generales de modelos

Materiales		Elementos	
f'c	280 Kg/cm ²	Col	50x50 cm
fy	4,200 Kg/cm ²	Vigas	40X60 cm
		Losa	15 cm

Además de estos valores se definió el material de mampostería y basados en las normas se utilizó una resistencia de 100 Kg/cm², especificada como la mínima. De igual manera para la elasticidad un factor de 750 f'm y para el módulo de corte un factor de 312.5 f'm.

Tabla 15. Parámetros de mampostería

Propiedades Mampostería	
Resistencia	100 Kg/cm ²
Módulo de elasticidad	75,000 Kg/cm ²
Módulo de corte	31,250 Kg/cm ²
Densidad	2100 Kg/m ³

Se procedió a cargar los edificios, las gravitacionales según las tablas en las normas aplicables, se realizó un análisis estático para las determinaciones de las cargas sísmicas de piso y el viento fue despreciado por su magnitud en comparación con las sísmicas. Las combinaciones de carga se definieron según el CHOC – 08.

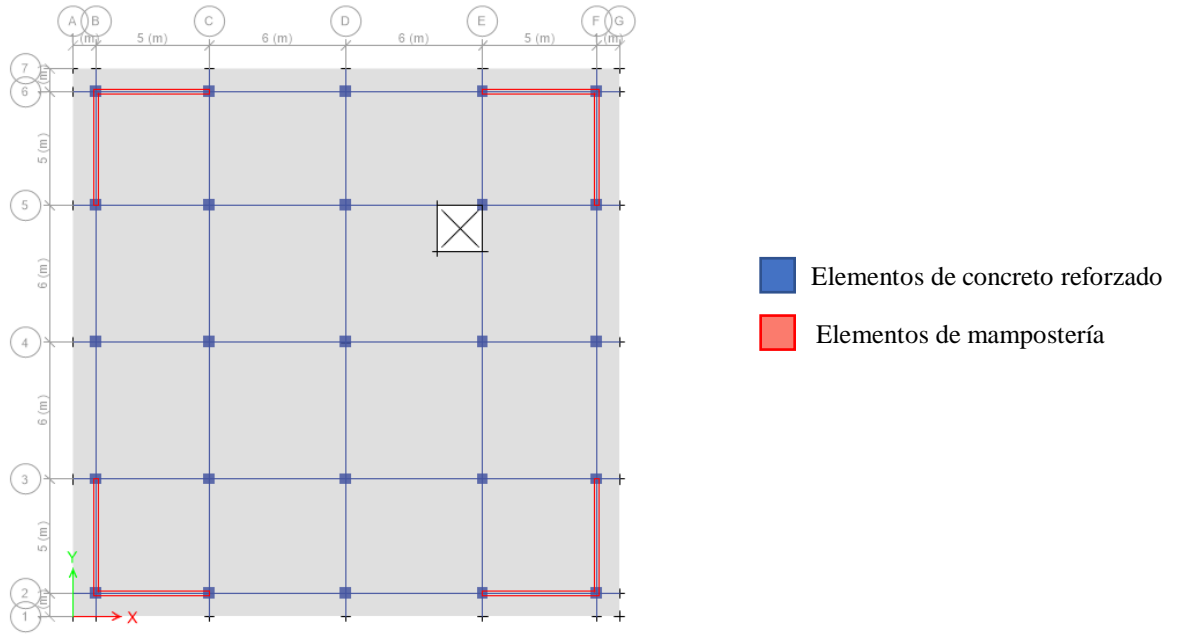


Figura 10. Distribución de planta

A continuación, se muestran los modelos generales y las derivas de piso máximas que se obtuvieron del análisis:

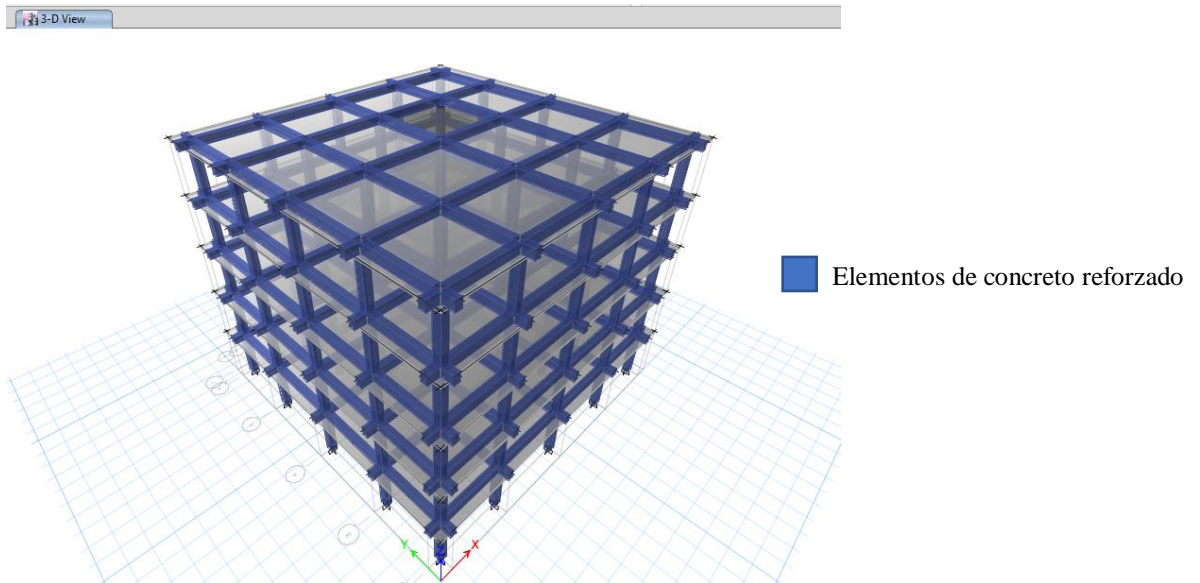


Figura 11. Modelo de Marco Rígido

Tabla 16. Derivas de Marco Rígido

Piso	Derivas en X	Derivas en Y
Piso 1	1.085	0.978
Piso 2	1.248	1.125
Piso 3	1.079	0.972
Piso 4	0.803	0.724
Piso 5	0.456	0.411
Total	4.672	4.209

Se muestra un desplazamiento total de 4.67 centímetros para el eje X y 4.21 centímetros para el eje Y. En el piso dos se muestran las derivas máximas.

Para el modelo con muros de cortante se colocaron en sus esquinas de una manera simétrica para balancear la incorporación de elementos y mantener en centro de rigidez y de masa de la estructura como se muestra en la siguiente figura:

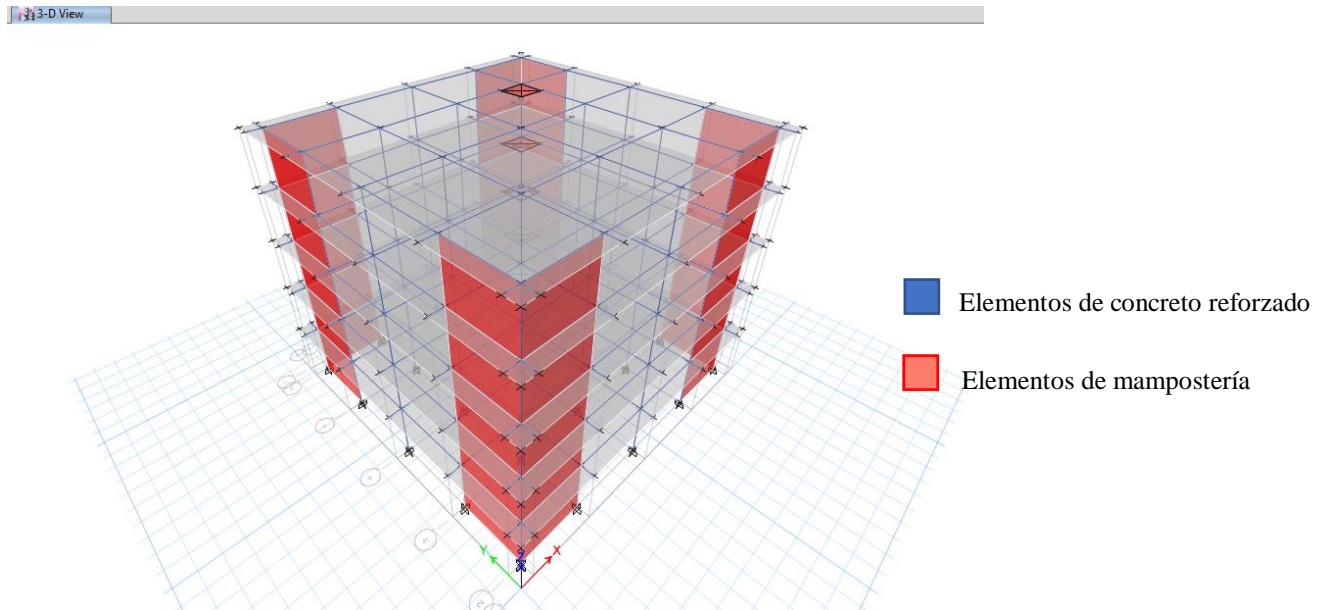


Figura 12. Modelo Sistema Combinados

Tabla 17. Derivas de Sistema Combinado

Piso	Derivas en X	Derivas en Y
Piso 1	0.198	0.178
Piso 2	0.267	0.240
Piso 3	0.289	0.260
Piso 4	0.276	0.249
Piso 5	0.237	0.214
Total	1.266	1.141

Se observa una reducción en las derivas de piso que pueden variar de un 80% al 48%, las rigideces de cada piso son superiores en este sistema estructural y se presenta un comportamiento más regular frente a las deflexiones. El desplazamiento total de la estructura está en un 27% para el Sistema Combinado respecto al de Marco Rígido.

No se puede establecer un valor o una relación para ser tomada como un estándar por las múltiples variaciones de resistencias y secciones estructurales, pero si se puede evidenciar que con distribuciones correctas de los muros se pueden llegar a obtener distribuciones de esfuerzos entre elementos.

Como se observa en la siguiente imagen de esfuerzos cortantes, se nota la reducción de cargas soportadas en las columnas perimetrales a muros de corte de mampostería.

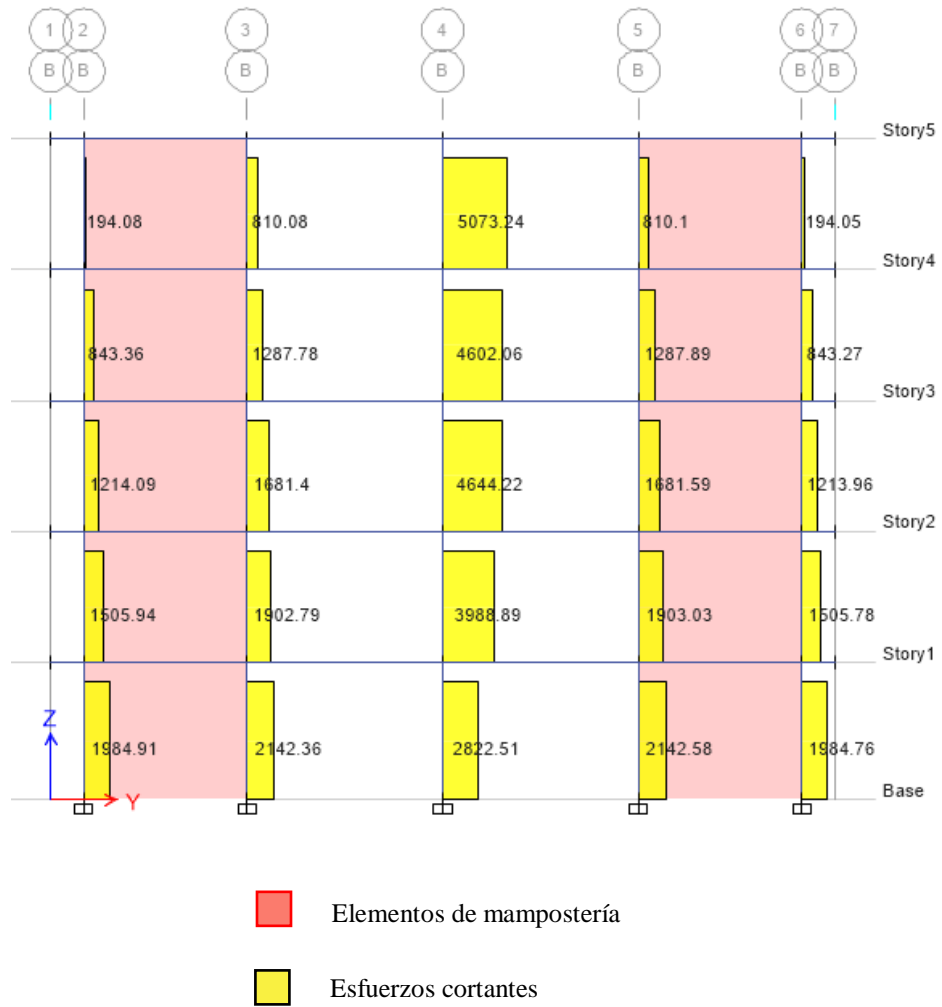


Figura 13. Esfuerzos Cortantes de Sección B-B

4.5 Diagrama de Ishikawa

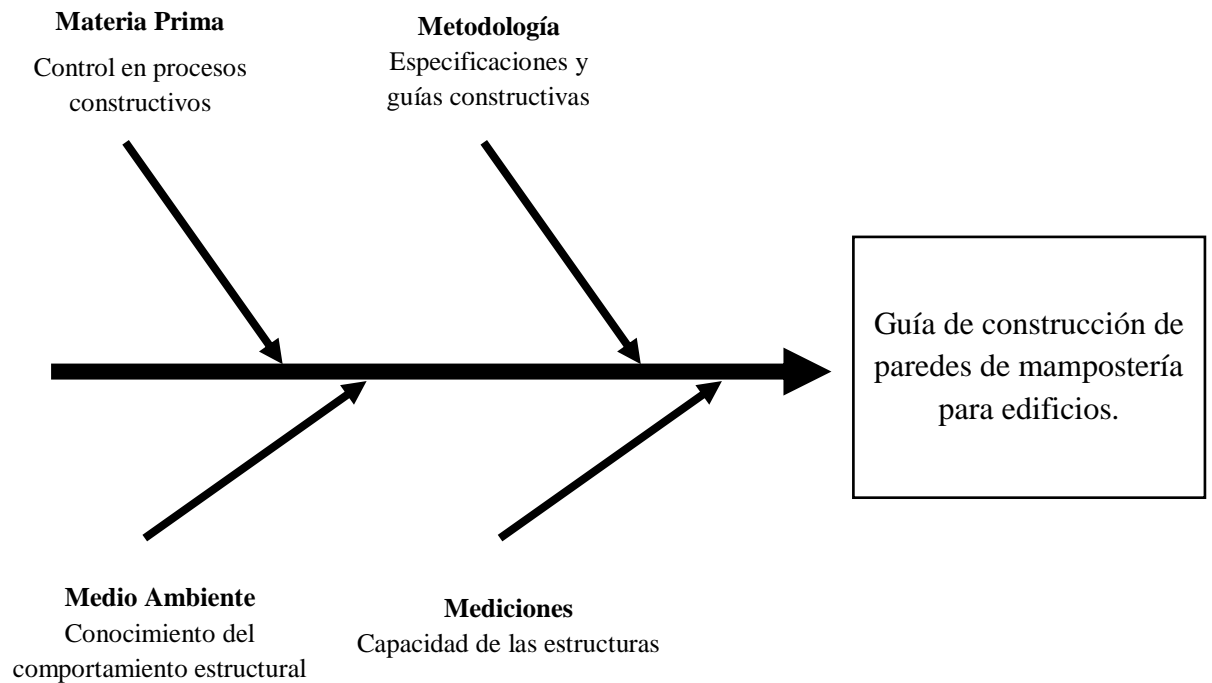


Figura 14. Diagrama de Ishikawa, causa y efecto positivo

En la investigación se encontraron los siguientes factores claves:

- **Materia Prima:** Calidad de la mampostería en su resistencia y procesos constructivos, se debe cumplir con normas y requerimientos establecidos para tener un comportamiento seguro de las estructuras.
- **Metodología:** En las especificaciones debe estar indicado las resistencias de los materiales para el control, así como conocer los requerimientos constructivos como anclajes para garantizar la transferencia de cargas.
- **Medio Ambiente y mediciones:** Los diseñadores deben conocer el comportamiento estructural de los elementos de mampostería armada y sus limitaciones en las normas.

4.6 Análisis estadístico

Cada lote de bloques ensayados presentó un comportamiento distinto, estas variaciones fueron descritas utilizando medios estadísticos, de igual manera se analizaron las derivas de piso obtenidas para cada eje según el sistema estructural utilizado.

Tabla 18. Análisis estadístico de resistencias fp

	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Media	51.02	67.76	63.17
Error típico	0.88	0.89	0.50
Mediana	50.63	67.80	63.12
Desviación estándar	3.41	3.44	1.93
Varianza de la muestra	11.65	11.83	3.71
Curtosis	0.06	-1.34	-0.57
Coefficiente de asimetría	0.41	-0.13	-0.40
Rango	12.58	9.91	6.29
Mínimo	45.33	62.61	59.49
Máximo	57.91	72.52	65.78
Suma	765.37	1016.43	947.57
Cuenta	15.00	15.00	15.00
Nivel de confianza (95.0%)	1.89	1.91	1.07

Las medias en las resistencias a compresión en bloques (fp) son de 51.02 Kg/cm², 67.76 Kg/cm² y 63.17 Kg/cm², en el CHOC-08 el valor inferior para las piezas de mampostería es de 90 Kg/cm² en referencia a los obtenidos están en el orden promedio de 55 al 75 %. En otras normas estos valores están en los límites inferiores de los recomendados con un valor de 50 Kg/cm² como en la Norma Técnica Peruana de Albañilería. Esto es un valor importante en la investigación como parámetro de diseño y fue determinante en la comprobación de la hipótesis.

En los dos primeros lotes la media es menor que la mediana, indica una distribución simétrica con respecto a la izquierda, y el coeficiente de variación para el lote 1 de 6.69%, lote 2 5.08% y lote 3 de 3.05%. lo que muestra una baja dispersión de los datos en todos los casos.

Los dos primeros lotes presentan desviaciones estándar similares de 3.41 Kg/cm² y 3.44 Kg/cm² a diferencia del último con un valor de 1.93 Kg/cm², las cuales son necesarias para la resistencia característica axial de las unidades (f_b) que se obtiene restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

Tabla 19. Análisis estadístico derivas de piso

	Sistema Combinado		Marco Rígido	
	Eje X	Eje Y	Eje X	Eje Y
Media	0.25	0.23	0.93	0.84
Error típico	0.02	0.01	0.14	0.13
Mediana	0.2669	0.24049	1.07916	0.97239
Desviación estándar	0.036	0.033	0.312	0.281
Varianza de la muestra	0.001	0.001	0.097	0.079
Curtosis	0.132	0.132	0.406	0.406
Coficiente de asimetría	-1.008	-1.008	-1.025	-1.025
Coficiente de variación	14.33%	14.33%	33.35%	33.35%

Los coeficientes de variación obtenidos muestran un menor porcentaje para el Sistema Combinado en comparación al Marco Rígido, mostrando que se reducen las derivas relativas de piso en ambos ejes con una distribución simétrica de muros.

Comprobación de hipótesis

H0: El uso de sistemas combinados con muros de mampostería no presenta un mejor comportamiento frente a sistemas de marco rígido.

H1: El uso de sistemas combinados con muros de mampostería presenta un mejor comportamiento frente a sistemas de marco rígido.

Validación de la hipótesis nula (H0)

El resultado del análisis estadístico anterior muestra que la incorporación de los muros de mampostería en los sistemas combinados mejora el comportamiento estructural en comparación a los sistemas de marco rígido, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula.

4.6 Propuesta

4.6.1 Guía de construcción de paredes de mampostería para edificios

4.6.2 Introducción

4.6.3 Descripción de la propuesta

4.6.3.1 Consideraciones generales

4.6.3.2 Control de calidad de materiales

4.6.3.3 Detallado de refuerzo

4.6.3.4 Requisitos constructivos

4.6.3.5 Normas de referencia

4.6.4 Presupuesto

4.6.5 Cronograma de ejecución

4.6.2 Introducción

El presente documento presenta una guía de construcción de paredes de mampostería para edificios con bloques de concreto, con un énfasis en el control de calidad en las piezas para el cumplimiento de las normativas, con el objetivo de la inclusión de estos elementos estructurales de una manera eficiente posterior a un diseño estructural.

4.6.3 Descripción de la propuesta

La propuesta consiste en facilitar una guía de construcción de paredes de mampostería para edificios para que se puedan incorporar al sistema estructural de una manera confiables basado en las consideraciones de diseño para asegurar el comportamiento esperado. Los muros de mampostería armada deben tener un comportamiento dúctil ante sismos, dando una falla final de tracción por flexión evitando que ocurra falla frágil.

4.6.3.1 Consideraciones generales

Los muros reforzados están constituidos por piezas de mampostería huecas, en las celdas o cavidades se coloca el refuerzo vertical y luego se rellenan de concreto líquido o mortero. El refuerzo horizontal es colocado en el centro de las juntas o ligas.

Pueden estar contruidos para cerrar espacios entre los elementos de un marco rígido o independientes con refuerzo en los bordes tal que cumpla como un elemento de confinamiento y no tenga transferencia de esfuerzos que puedan provocar su falla.

Los muros pueden tener distintos elementos sin resistencia estructural y pueden alterar su comportamiento como boquetes de puertas o ventanas, ductos de instalaciones hidráulicas o eléctricas. Estos deberán ser previstos durante el diseño y construcción.

4.6.3.2 Control de calidad de materiales

El control de calidad siempre deberá estar basado en las especificaciones del proyecto y normas aplicables, acompañado de un análisis estadístico como respaldo del control de los materiales y procedimientos constructivos. Esto permitirá la toma de decisiones para las frecuencias de ensayos y seguimientos necesarios para la optimización de recursos. Se debe contar con las certificaciones de los proveedores para establecer los parámetros de control en relación al diseño-compra-material instalado.

Piezas de mampostería

El valor de f'_m no deberá ser menor que 100 Kg/cm², por medio ensayos sobre materiales individuales o determinación experimental sobre muretes de prueba.

En caso de elaboración y ensayos de muretes considerar:

- Norma ASTM E447
- El valor de f'_m de cada muestra debe ser el promedio obtenido del ensayo de 3 muretes de igual procedencia, pero no mayor al 125% del menor valor obtenido.

En caso de ensayos sobre materiales individuales considerar:

- Norma ASTM C140

- El valor de f'_m será una relación de f'_p , que es la resistencia característica de la pieza de mampostería. El resultado final se obtiene de tablas o formulas especificadas en los códigos.

Mortero de pega

Se deberán realizar ensayos de resistencia a compresión por cada doscientos metros cuadrados de muro o por día de construcción. Las frecuencias semanales deberán verificar también plasticidad y absorción de agua.

Mortero de relleno

Se deberán realizar ensayos de resistencia a compresión por cada diez metros cúbicos inyectados. En caso que las especificaciones determinen una misma resistencia entre el mortero de liga y de relleno se podrán establecer criterios de control que estén en cumplimiento de los especificados.

La calidad de la mampostería será considerada dentro de especificación si se cumple simultáneamente que el promedio de los resultados del mortero de liga, mortero de relleno y la resistencia de las unidades o muretes es mayor o igual a las especificadas y que ningún valor individual sea inferior al 80% de la resistencia especificada.

4.6.3.3 Detallado del refuerzo

Todo el refuerzo utilizado en la mampostería deberá estar embebido en concreto o mortero de relleno o pega y deberá estar ubicado de tal manera que se cumplan los requisitos de recubrimiento mínimo, anclaje, adherencia y espaciamientos máximos o mínimos.

Diámetros máximos y mínimos

Refuerzo longitudinal: es el colocado dentro de las celdas con un diámetro mínimo de 3/8" y no puede exceder a 1/3 de la menor dimensión libre de la cavidad o 1" de diámetro.

Refuerzo vertical: es el colocado en las juntas de mortero con un diámetro mínimo de 1/4" y el diámetro no puede exceder la mitad del espesor del mortero de pega.

Límites de colocación

Solamente se deberá colocar una barra de refuerzo vertical por celda, a menos que la dimensión menor sea de 14 centímetros se podrán colocar dos barras con diámetro igual o menor a 5/8".

Recubrimiento del refuerzo

Las barras de refuerzo en muros expuestos deberán tener un recubrimiento incluyendo el mortero de relleno y la pared de la unidad de mampostería no menor de 5 centímetros para barras de diámetro mayor a 5/8" o 4 centímetros para diámetros iguales o menores a 5/8". Para mampostería no expuesta será de 4 centímetros.

Desarrollo del refuerzo

Los esfuerzos sean de tracción o compresión calculados deberán ser desarrollados a cada lado de la sección mediante la longitud de desarrollo, gancho, anclaje mecánico o una combinación.

Las longitudes de desarrollo y de traslape serán el mismo valor numérico especificado según el diseño o en su defecto en las normas aplicables, pero siempre será superior a 30 centímetros. La longitud seguida del gancho estándar dependerá del ángulo del doblado, pero nunca será menor de 15 centímetros.

4.6.3.4 Requisitos constructivos

Cimentación

Todos los refuerzos verticales de los muros estructurales deberán quedar anclados en el sistema de cimentación, mediante barras de empalme que sobresalgan la longitud necesaria para realizar el traslape necesario.

Muros

Se deberá cumplir con todos los requisitos de las piezas de mampostería, mortero de pega y de inyección.

En cuanto al refuerzo se tomarán en cuenta las especificaciones generales para elementos de concreto reforzado. No se permitirán realizar dobleces al acero de refuerzo que ya esté parcialmente embebido en el mortero.

Se deberán proveer juntas de control para permitir movimientos relativos en los siguientes lugares:

- Cambio de altura de muro.
- Cambios de espesor en la longitud.
- Puntos previstos en el diseño.
- Juntas de control en cimentación, losas u otros elementos.

El muro se levantará siguiendo el patrón de colocación de las piezas, con la metodología apropiada al rendimiento de la mano de obra.

4.6.3.5 Normas de referencia

Adicionalmente a esta Guía de construcción de paredes para edificios se mencionan las normas y códigos de referencia los cuales serán utilizados para consulta y establecer criterios de diseño, construcción y supervisión de elementos de mampostería.

- Código Hondureño de Construcción CHOC-08.
- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – Mampostería Estructural.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento – Norma E.070 Albañilería, Perú.

4.6.4 Presupuesto

A continuación, se muestra un presupuesto base para la implementación de la Guía de construcción de paredes de mampostería para edificios basados en una jornada de capacitación realizada por un Especialista en Estructuras con metodología de exposiciones magistrales y retroalimentación por parte de los asistentes.

Tabla 20. Presupuesto general

Descripción	Precio unitario	Unidad	Cantidad	Costo total
Especialista Estructural	L. 1,500.00	Día	4	L. 6,000.00
Papelería	L. 2,500.00	Global	1	L. 2,500.00
Logística	L. 5,500.00	Global	1	L. 5,500.00
Gastos administrativos	L. 1,000.00	Global	1	L. 1,000.00
		Total		L. 15,000.00

4.6.5 Cronograma de ejecución

A continuación, se presenta la distribución de actividades, duración, responsable y supuesto en un diagrama de ejecución para la implementación de la guía. La sección de capacitación fue dividida en los segmentos de la propuesta, los cuales serán implementados en una sola jornada y según criterio se deberán definir los medios para la retroalimentación por parte de los asistentes.

Tabla 21. Plan de ejecución

Actividad	Duración	Responsable	S1	S2	S3	Supuesto
Contratación de Especialista Estructural	3 días	Gerente General				Contratación realizada
Preparación de Especialista Estructural	2 días	Gerente General				Preparación realizada
Control de calidad	2 días	Especialista Estructural				Capacitación realizada
Detallado del refuerzo						
Requisitos constructivos						
Normas de referencia						
Retroalimentación	1 semana	Área Solicitante				Retroalimentación finalizada

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se identificó un comportamiento estructural beneficioso en caso de incluir elementos de mampostería en el análisis, la distribución de esfuerzos en porcentajes referentes a la rigidez relativa de cada elemento.

Se estableció una preferencia por los muros cortantes de concreto reforzado respecto a otros materiales de construcción.

Se debe considerar los anclajes, longitudes de desarrollo y traslapes para asegurar la incorporación de los muros de mampostería y las transferencias de cargas entre los distintos elementos estructurales.

Se identificó que los muros cortantes aportan un porcentaje de rigidez a las estructuras según su capacidad portante como un diafragma rígido frente a cargas laterales.

No se puede establecer una relación numérica pero si obtener una mayor rigidez en los pisos, por lo tanto se pueden reducir las geometrías de elementos estructurales sismos resistentes, pero no en los que soporten las cargas gravitacionales.

5.2 Recomendaciones

La distribución de esfuerzos que reciben cada sistema debe ser analizado y utilizar los parámetros de normas internacionales.

Establecer procesos de fabricación para bloques de concreto con mayor capacidad a la compresión para el cumplimiento de estándares solicitados por las normas aplicables.

Establecer controles de la calidad de los materiales que conforman los muros de mampostería armada, las piezas, mortero de pega y mortero de relleno.

La interacción de los muros en los sistemas estructurales puede variar para cada distribución geométrica del resto de los elementos, cada proyecto debe ser analizado.

Desarrollar investigaciones en la caracterización y comportamiento de la mampostería simple y armada.

Tabla 22. Concordancia de los segmentos de la tesis con la propuesta

Título	Problema	Objetivo		Conclusiones	Recomendaciones	Aplicabilidad	
		General	Específico				
Sistemas estructurales dobles con muros de mampostería en edificios de concreto reforzado	Limitada incorporación de paredes de mampostería al sistema estructural en edificios de 5 niveles.	Potenciar la incorporación de elementos de mampostería al sistema estructuras de edificios de 5 niveles, mediante una guía de construcción de paredes de mampostería para edificios, para realizar diseños más eficientes y seguros.	Identificar el comportamiento estructural de edificios con sistemas combinados de muros de cortante y marcos rígidos basados en las Especificaciones Técnicas del CHOC 08.	Se identificó un comportamiento estructural beneficioso en caso de incluir elementos de mampostería en el análisis, la distribución de esfuerzos en porcentajes referentes a la rigidez relativa de cada elemento.	La distribución de esfuerzos que reciben cada sistema debe ser analizado y utilizar los parámetros de normas internacionales.	Guía de construcción de paredes de mampostería para edificios.	
			Establecer la preferencia de materiales para muros de cortante por parte de los diseñadores.	Se estableció una preferencia por los muros cortantes de concreto reforzado respecto a otros materiales de construcción.			Establecer procesos de fabricación para bloques de concreto con mayor capacidad a la compresión para el cumplimiento de estándares solicitados por las normas aplicables.
			Definir las consideraciones constructivas para garantizar que la mampostería sea parte del sistema estructural.	Se debe considerar los anclajes, longitudes de desarrollo y traslapes para asegurar la incorporación de los muros de mampostería y las transferencias de cargas entre los distintos elementos estructurales.			Establecer controles de la calidad de los materiales que conforman los muros de mampostería armada, las piezas, mortero de pega y mortero de relleno.

Continuación de Tabla 22. Concordancia de los segmentos de la tesis con la propuesta

Título	Problema	Objetivo		Conclusiones	Recomendaciones	Aplicabilidad
		General	Específico			
Sistemas estructurales dobles con muros de mampostería en edificios de concreto reforzado	Limitada incorporación de paredes de mampostería al sistema estructural en edificios de 5 niveles.	Potenciar la incorporación de elementos de mampostería al sistema estructuras de edificios de 5 niveles, mediante una guía de construcción de paredes de mampostería para edificios, para realizar diseños más eficientes y seguros.	Identificar como afectan los muros cortantes de mampostería la respuesta de sistemas estructurales dobles ante las sollicitaciones. Establecer una relación de los beneficios que se pueden obtener de los sistemas estructurales combinados.	Se identificó que los muros cortantes aportan un porcentaje de rigidez a las estructuras según su capacidad portante como un diafragma rígido frente a cargas laterales. No se puede establecer una relación numérica pero si obtener una mayor rigidez en los pisos, por lo tanto se pueden reducir las geometrías de elementos estructurales sismos resistentes, pero no en los que soporten las cargas gravitacionales.	La interacción de los muros en los sistemas estructurales puede variar para cada distribución geométrica del resto de los elementos, cada proyecto debe ser analizado. Desarrollar investigaciones en la caracterización y comportamiento de la mampostería simple y armada.	Guía de construcción de paredes de mampostería para edificios.

BIBLIOGRAFÍA

- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Colombia: Prentice Hall.
- Chinchilla Paiz, J. R. (2010). *Evaluación y comparación 18 años después de muros de cementos puzolánicos*. Ciudad Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Código Hondureño de Construcción (CHOC). (2008). *Código Hondureño de Construcción*. Tegucigalpa: Colegio de Ingeniero Civiles de Honduras.
- Código Internacional de la Edificación (IBC). (2006). *Código Internacional de la Edificación*. Estados Unidos de América: International Code Council.
- Gallo Ortiz, G. O., Espino Márquez, L. I., & Olvera Montes, A. E. (2005). *Diseño estructural de casas de habitación*. Ciudad de México: McGraw-Hill.
- Harsem, T. (2002). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Hibbeler, R. C. (2012). *Análisis Estructural*. México: Pearson Educación.
- Ishikawa, K. (1943). *Diagrama de Causa-Efecto*.
- Klingner, R. E. (2014). *Especificación, diseño y cálculo de mampostería*. Texas: Universidad de Texas.
- López, J., Oller, S., & Oñate, E. (1988). *Cálculo del Comportamiento de la Mampostería Mediante Elementos Finitos*. Barcelona: Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería.
- McCormac, J., & Elling, R. E. (1994). *Análisis de Estructuras, Método clásico y matricial*. México: Alfaomega.
- McCormac, J., & Russell, B. (2011). *Diseño de Concreto reforzado*. México: Alfaomega.

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016). *Norma Técnica E.30 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Navas Carro, A. (2007). Propiedades a compresión de la mampostería de bloques de concreto. *Ingeniería, Revista de la Universidad de Costa Rica*, 53-70.
- Navas Carro, A., & Cordero Segura, M. (2013). Comportamiento en cortante de muros de mampostería con el refuerzo embebido en concreto colocado en las sisas de los bloques. *Ingeniería, Revista de la Universidad de Costa Rica*, 76-92.
- Nilson, A. H. (2001). *Diseño de estructuras de concreto*. Bogotá: McGraw Hill.
- (2016). *Norma Técnica E.30 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Pérez, S. Y. (2016). *El Herald* El 75% de los nuevos edificios del Distrito Central son antisísmicos. *El Herald*. Recuperado de: <http://www.elheraldo.hn/tegucigalpa/972870-466/el-75-de-los-nuevos-edificios-del-distrito-central-son-antis%C3%ADsmicos>.
- Quintana, J. (Agosto de 2017). Veinte torres residenciales se construirán en Tegucigalpa en 2018. *La Prensa*. Recuperado de: <http://www.laprensa.hn/honduras/1102246-410/torres-residenciales-construccion-tegucigalpa-edificios>.
- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. (2010). *D-Mampostería Estructural*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Romo Proaño, M. (2008). *El método de los elementos finitos en el análisis estructural de placas*. Sangolquí: Escuela Politécnica del Ejército.

Sánchez Gil, A. Y., & Mejía Angarita, F. Y. (2009). *Análisis de los esfuerzos de compresión en unidades de mampostería estructural y muretes*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.

Sánchez, T. A. (s.f.). *Diseño y construcción de estructuras de mampostería*. Ciudad de México.

Universidad Nacional Autónoma de México. (1989). *Normas Técnicas Complementarias Del Reglamento de Construcciones Para el Distrito Federal*. Ciudad de México.

ANEXOS

Encuesta

Somos estudiantes de postgrado de Maestría en Ingeniería en Estructuras en la Universidad de UNITEC.

El objetivo de esta encuesta es conocer el uso de elementos de mampostería en el diseño de estructuras destinadas a usos habitacionales. Seleccione una respuesta para cada pregunta, gracias por su tiempo.

1. ¿Cuál es su grado de escolaridad?
 - a. Pregrado
 - b. Post grado
 - c. Doctorado

2. ¿Ha realizado diseños de estructuras habitacionales?
 - a. Si
 - b. No

3. ¿Qué tipo de sistema estructural utilizaría para el diseño?
 - a. Marco Rígido
 - b. Muros Cortante
 - c. Muros de Carga
 - d. Sistemas Combinados

4. En caso de utilizar muros estructurales, ¿Qué material es de su preferencia?
 - a. Concreto
 - b. Mampostería Armada

5. ¿Presenta detalles constructivos de muros, incluyendo armados y anclajes?
 - a. Si
 - b. No

6. ¿Incluir muros cortantes mejoran el comportamiento estructural?
 - a. Si
 - b. No

Entrevista

1. ¿En los diseños de edificios, como estructuras destinadas a proyectos habitacionales que tipo de consideraciones toma?
2. ¿En qué se basa para definir el sistema estructural? Alguna limitación.
3. ¿De contar con paredes en las divisiones arquitectónicas, aprovecha de ellas? ¿Cómo afectan estos elementos la respuesta de los sistemas estructurales?
4. ¿En que basa su decisión para definir el material de los muros?
5. Constructivamente, ¿Qué consideraciones especiales se deben tener para que lo diseñado sea lo construido?
6. ¿Se pueden obtener beneficios del uso de mampostería armada en sistemas estructurales combinados?



Mario Mandujano <mmm.mandujano@gmail.com>

Asesor Temático

Luis Soto <soto_luisfer@yahoo.com>
Responder a: Luis Soto <soto_luisfer@yahoo.com>
Para: Mario Mandujano <mmm.mandujano@gmail.com>

28 de junio de 2018, 10:56

Facultad de Postgrado UNITEC:

Yo, LUIS FERNANDO SOTO, Ingeniero Civil, M. Sc. en Estructuras por medio del presente doy el visto bueno como asesor temático de la Tesis de Postgrado de MARIO DANIEL MATUTE MANDUJANO con el tema "SISTEMAS ESTRUCTURALES DOBLES CON MUROS DE MAMPOSTERÍA EN EDIFICIOS DE CONCRETO REFORZADO" previa investidura al título de Máster en Estructuras, a los 28 días del mes de junio de 2018.

Ing. Luis Fernando Soto
Ing. Civil / M. Sc. Estructuras
 +504 3327-3415
 soto_luisfer@yahoo.com

[El texto citado está oculto]



Mario Mandujano <mmm.mandujano@gmail.com>

Vo Bo Tesis

1 mensaje

ZELAYA OVIEDO CARLOS AUGUSTO <zelayaoviedo@unitec.edu> 3 de julio de 2018, 12:05
Para: "mmm.mandujano@gmail.com" <mmm.mandujano@gmail.com>, MARIO DANIEL MATUTE MANDUJANO <mandujano@unitec.edu>
Cc: PG Postgrado <pgpostgrado@unitec.edu>


Estimado Maestrante Matute Mandujano.


Después de haber finalizado su tesis de postgrado "**SISTEMAS ESTRUCTURALES DOBLES CON MUROS DE MAMPOSTERÍA EN EDIFICIOS DE CONCRETO REFORZADO**", cumplir con los requerimientos y haber realizado la pre defensa, les doy el **Vo Bo** correspondiente que la autoriza para continuar con los trámites en la facultad de postgrado. Debe proceder a imprimir el documento revisado y que de nuevo le adjunto, a doble cara incluyendo (después de los anexos) el VoBo del asesor temático, constancia de lectura y este VoBo del asesor metodológico. Debe entregar en postgrado los tres ejemplares entre el 2 y el 11 de julio. Recomiendo que la síntesis la entregue al momento de la defensa a cada miembro de la terna.

Saludos y le deseo muchos éxitos en su defensa.

Carlos A. Zelaya Oviedo
Asesor metodológico PG

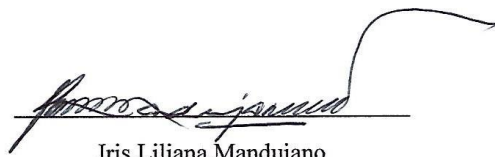
2 archivos adjuntos

 **Mario D. Matute M. Tesis Final.docx**
1784K

 **Mario D. Matute M. Sintesis.docx**
1331K

CONSTANCIA DE LECTURA

Yo, IRIS LILIANA MANDUJANO, Licenciada en Economía por medio de la presente hago constar haber realizado la lectura de la Tesis de Postgrado de MARIO DANIEL MATUTE MANDUJANO con el tema SISTEMAS ESTRUCTURALES DOBLES CON MUROS DE MAMPOSTERÍA EN EDIFICIOS DE CONCRETO REFORZADO previa investidura al título de MÁSTER EN ESTRUCTURAS a los 27 días del mes de junio de 2018.



Iris Liliana Mandujano

Tel: 3274-9047

mandujanoirisliliana@yahoo.com