

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE ELEMENTOS Y CUANTIAS ESTRUCTURALES
EN EDIFICACIONES DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR DISEÑADOS BAJO
SISTEMA CONSTRUCTIVO TIPO TÚNEL Y TRADICIONAL**

**MARÍA FERNANDA MUÑOZ CABALLERO
DIEGO FERNANDO ARIAS GRANADOS**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO
BUCARAMANGA
2017**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE ELEMENTOS Y CUANTIAS ESTRUCTURALES
EN EDIFICACIONES DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR DISEÑADOS BAJO
SISTEMA CONSTRUCTIVO TIPO TÚNEL Y TRADICIONAL**

**MARÍA FERNANDA MUÑOZ CABALLERO
DIEGO FERNANDO ARIAS GRANADOS**

Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero civil.

**Director
Ing. Msc. JORGE MAURICIO RAMÍREZ VELÁSQUEZ**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO
BUCARAMANGA
2017**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado.

Firma del jurado.

Firma del jurado.

DEDICATORIA

Dedicado a...

A Dios.

En primer lugar a Dios por todas sus infinitas bendiciones, quien me ha dado la sabiduría, el entendimiento y la fortaleza para llevar a cabo este proyecto.

A mis padres.

Carlos Eduardo Muñoz y Gloria Inés Caballero quienes fueron los promotores de este sueño, por ser un apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, confiar y creer en mí, gracias por desear y anhelar siempre lo mejor para mí, por su amor, comprensión y ayuda.

A mi hermano.

Juan Sebastián Muñoz, por todos los momentos compartidos, por su compañía, y apoyo desde la distancia, por confiar en mí y por ser una motivación más para poder culminar este trabajo.

A mi novio.

Quien con sus palabras de una u otra forma logro darme fuerza para seguir adelante en los momentos difíciles y creer en mí.

A mi compañero y director de tesis.

Diego Fernando Arias y Jorge Mauricio Ramírez por su apoyo y compañía, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a sus capacidades y conocimientos.

A mi familia, amigos y docentes

Por el apoyo que siempre me brindaron en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria, por sus enseñanzas, que aportaron a mi formación profesional integral.

María Fernanda Muñoz Caballero

Dedicado a mis padres y hermanos quienes confiaron en mí y me apoyaron durante todo este tiempo, siendo la familia la base sobre la cual podemos construir nuestros triunfos y celebrarlos, como al tiempo en la cual nos apoyamos cuando la incertidumbre, lo desconocido o el fracaso nos acechan.

En especial a mi compañera de proyecto de grado y director de proyecto, sin quienes no hubiera sido posible este, y de quienes he aprendido, junto con ellos y de ellos durante todo este proceso.

Diego Fernando Arias Granados.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a nuestros padres quienes con su apoyo hicieron posible nuestra formación universitaria, así como la realización de este proyecto, ellos quienes durante todos estos años y últimos meses confiaron en nuestras capacidades y compromiso.

Gracias a la Universidad Pontificia Bolivariana especialmente a la facultad de ingeniería Civil por habernos brindado las herramientas necesarias para formarnos como profesionales íntegros, gracias a todas las personas que fueron partícipes de este proceso, a nuestros profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo y la sabiduría que nos transmitieron en el desarrollo de la vida profesional

Al Ing. Jorge Mauricio Ramírez, mentor, director y supervisor de nuestro proyecto, por los conocimientos compartidos, por la paciencia y orientación para guiarnos durante todo el desarrollo de la tesis.

Al Ing. Carlos Julio Ramírez quien nos permitió el acceso al material necesario para la realización de este proyecto, al Ing. John Javier Morales, por sus consejos y valiosas apreciaciones, a Carmen Velandia Suarez, secretaria de la oficina de proyecto de grado y Zulay Latón secretaria de la facultad de ingeniería Civil por su colaboración y amabilidad.

A nuestros familiares quienes de una u otra forma han destinado tiempo para brindarnos aportes invaluable que servirán para toda la vida y a todos aquellos que con su aporte hicieron posible la culminación de nuestro paso por la universidad.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	3
1. FORMULACION DEL PROBLEMA	4
2. JUSTIFICACION	5
3. OBJETIVOS	6
3.1. Objetivo general	6
3.2. Objetivo especifico	6
4. ANTECEDENTES	7
5. ALCANCE	8
6. METODOLOGIA	10
7. MARCO TEORICO	11
7.1. CONCRETO REFORZADO	11
7.1.1. Historia	11
7.1.1.1. Concreto simple	11
7.1.1.2. Concreto reforzado	11
7.1.1.3. Empleo del concreto reforzado en Colombia	12
7.1.2. Comportamiento estructural	12
7.2. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PARA ESTRUCTURAS EN CONCRETO REFORZADO	14
7.2.1. Sistema tipo túnel	14
7.2.1.1. Descripción del sistema	14
7.2.1.2. Forma y tamaño	15
7.2.1.3. Tipo de concreto	15
7.2.1.4. Comportamiento estructural	15
7.2.1.5. Ventajas	15
7.2.1.6. Desventajas	16
7.2.2. Sistema tradicional	16
7.2.2.1. Descripción del sistema	16
7.2.2.2. Forma y tamaño	16
7.2.2.3. Tipo de concreto	16
7.2.2.4. Comportamiento estructural	17
7.2.2.5. Ventajas	17
7.2.2.6. Desventajas	17
7.3. CUANTÍAS ESTRUCTURALES	17
7.3.1. Estudios en Colombia sobre cuantías estructurales	18
7.4. GESTIÓN DE COSTOS EN LA FASE DE PREFACTIBILIDAD O ANTEPROYECTO PRELIMINAR 19	
8. RESULTADOS OBTENIDOS	20
8.1. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS PROYECTOS	20
8.2. EDIFICIO 1	20
8.2.1. CARACTERISTICAS TECNICAS	20
8.2.1. CANTIDADES ESTRUCTURALES	21

8.3.	EDIFICIO 2	22
8.3.1.	CARACTERISTICAS TECNICAS	22
8.3.1.	CANTIDADES ESTRUCTURALES	23
8.4.	EDIFICIO 3	24
8.4.1.	CARACTERISTICAS TECNICAS	24
8.4.2.	CANTIDADES ESTRUCTURALES	23
8.5.	EDIFICIO 4	24
8.5.1.	CARACTERISTICAS TECNICAS	24
8.5.2.	CANTIDADES ESTRUCTURALES	25
9.	ANALISIS DE RESULTADOS	26
9.1.	TABLA DE CUANTIAS ESTRUCTURALES GENERALES	26
9.1.	CUANTÍA POR ELEMENTO ESTRUCTURAL.....	28
9.2.	CUANTÍAS ESTRUCTURALES POR M2 DE CONSTRUCCIÓN.....	32
9.3.	ANÁLISIS DE COSTOS	37
9.4.	PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE UN PRESUPUESTO APROXIMADO DE OBRA POR MEDIO DE CUANTÍAS ESTRUCTURALES.	42
10.	CONCLUSIONES	43
11.	RECOMENDACIONES	44
12.	BIBLIOGRAFIA	45
13.	ANEXOS	47

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Tabla 1	Cuantía de acero para edificación de 10 pisos.....	18
Tabla 2	Tabla 2	Cuantía de acero para edificación de 15 pisos.....	18
Tabla 3	Tabla 3	Especificaciones técnicas de los proyectos.....	20
Tabla 4	Tabla 4	Cantidades y cuantías estructurales del EDIFICIO 1	21
Tabla 5	Tabla 5	Cantidades y cuantías estructurales del EDIFICIO 2	23
Tabla 6	Tabla 6	Cantidades y cuantías estructurales del EDIFICIO 3	23
Tabla 7	Tabla 7	Cantidades y cuantías estructurales del EDIFICIO 4	25
Tabla 8		Cuantías estructurales proyectos tipo túnel EDIFICIO 1 y EDIFICIO 3.....	26
Tabla 9		Cuantías estructurales proyectos tipo pórtico EDIFICIO 21 y EDIFICIO 4	27
Tabla 10		Análisis de costos para cada edificación	39
Tabla 11		Cuantías estructurales por M2 de construcción	42

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica 1 Cuantía de acero en columnas (Kg/ml).....	28
Gráfica 2 Cuantía de acero (Kg/m ²) de Columnas.....	28
Gráfica 3 Cuantía de acero (Kg/m ³) de Columnas.....	29
Gráfica 4 Cuantía de concreto (m ³ /m ²) de Columna	29
Gráfica 5 Cuantía de acero (kg/m ²) de Pantallas.....	29
Gráfica 6 Cuantía de acero (Kg/m ³) de Pantallas	30
Gráfica 7 Cuantía de concreto (m ³ /m ²) de Pantalla	30
Gráfica 8 Cuantía de acero (kg/m ³) de Escaleras.....	30
Gráfica 9 Cuantía de acero (Kg/m ²) de placa	31
Gráfica 10 Cuantía de acero (kg/m ³) de Placa	31
Gráfica 11 Cuantía de m ³ de concreto en columnas por m ² de área construida..	32
Gráfica 12 Cuantía de m ² de pantalla por m ² de área construida	32
Gráfica 13 Cuantía de acero total por m ² de área construida	33
Gráfica 14 Cuantía de acero por m ³ de concreto.....	34
Gráfica 15 Cuantía de m ³ concreto por m ² de área construida.....	34
Gráfica 16 Distribución porcentual de elementos estructurales para cada edificación (Concreto)	35
Gráfica 17 Distribución porcentual de elementos estructurales para cada edificación (Acero).....	36
Gráfica 18 Costos para los proyectos de estrato cuatro de Bucaramanga	37
Gráfica 19 Costos para los proyectos de estrato cuatro de Bucaramanga	38
Gráfica 20 Costo por metro cuadrado de construcción para cada edificación CONSTRUDATA	40
Gráfica 21 Costo por metro cuadrado de construcción CONSTRUPRECIO	40
Gráfica 22 Diferencia entre costos en % entre edificios de altura similar	41
Gráfica 23 Diferencia entre costos en % entre edificios de igual sistema estructural	41

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Concreto de Placas EDIFICIO 3	47
Anexo 2 Acero de Placas Superior EDIFICIO 3	48
Anexo 3 Acero de Placas Inferior EDIFICIO 3.....	48
Anexo 4 Concreto de Pantallas EDIFICIO 3.....	49
Anexo 5 Acero de Pantallas EDIFICIO 3.....	50
Anexo 6 Concreto de Escaleras EDIFICIO 3.....	50
Anexo 7 Concreto Vigas Muro Loza EDIFICIO 3	51
Anexo 8 Acero de Escaleras EDIFICIO 3.....	51
Anexo 9 Acero Vigas Muro Loza EDIFICIO 3.....	52
Anexo 10 Cuantías para Columnas por Proyecto	53
Anexo 11 Cuantías para Pantallas por Proyecto.....	53
Anexo 12 Cuantía para Escaleras por Proyecto.....	53
Anexo 13 Cuantías para Placas por Proyecto.....	53
Anexo 14 Cuantías Totales por Proyecto.....	54
Anexo 15 Cuantías para proyectos con sistema estructural tipo túnel	54
Anexo 16 Cuantías para edificios con sistema estructural tipo pórtico.....	55
Anexo 17 Cuantías para Proyectos con 10 o menos pisos	55
Anexo 18 Cuantías para edificios con 15 o más pisos	56
Anexo 19 Estimación Costo de la estructura del EDIFICIO 1.....	56
Anexo 20 Estimación del Costo de la estructura del EDIFICIO 2.....	56
Anexo 21 Estimación del Costo de la estructura del EDIFICIO 3.....	57
Anexo 22 Estimación del Costo de la estructura del EDIFICIO 4.....	57
Anexo 23 Plano de planta, edificación1	58
Anexo 24 Plano de planta, edificación 2	57
Anexo 25 Plano de planta, edificación 3	58
Anexo 26 Plano de planta, edificación	59

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE ELEMENTOS Y CUANTIAS ESTRUCTURALES EN EDIFICACIONES DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR DISEÑADOS BAJO SISTEMA CONSTRUCTIVO TIPO TÚNEL Y TRADICIONAL

AUTOR(ES): Maria Fernanda Muñoz Caballero
Diego Fernando Arias Granados

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): Jorge Mauricio Ramirez Velasquez

RESUMEN

El presente proyecto de grado tiene como propósito realizar un análisis comparativo de cuantías estructurales y costos de los elementos estructurales presentes en edificaciones de vivienda multifamiliares diseñadas bajo la Norma Sismo Resistente de Colombia NSR10 y con sistema estructural tipo túnel y pórtico en el área metropolitana de Bucaramanga, con el fin de dar a conocer valores de referencia con los cuales se podrían determinar de manera aproximada y preliminar los costos de la estructura de una edificación y seguidamente con base a otros estudios en los cuales se da a conocer la distribución de costos en un proyecto, obtener un valor preliminar a nivel de pre factibilidad. Para llevar a cabo el proyecto se realizó un estudio de caso en el cual se escogieron 4 edificaciones, 2 tipo túnel(uno menor a 10 pisos y otro de más de 15 pisos) y 2 tipo pórtico(uno menor a 10 pisos y otro de más de 15 pisos), a las cuales se les calcularon las cantidades de obra y posteriormente se determinaron las cuantías estructurales, para así poder comparar los resultados obtenidos entre cada edificación, primero por tipo de sistema estructural y después por la similitud en altura; seguidamente se estableció el costo de la estructura del proyecto para posteriormente determinar los costos totales de la edificación y el costo por M2 de cada una de las edificaciones. En este proyecto quedan expuestos los valores de los índices y cuantías necesarias para el cálculo del costo de la estructura (sin incluir la cimentación) a partir del área construible del proyecto, al tiempo de la metodología para el cálculo del costo total del proyecto a partir del costo de la estructura.

PALABRAS CLAVES:

Viviendo Multifamiliar, Sistema Túnel, Sistema Pórtico, Cuantía, Presupuesto, Costos

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: COMPARATIVE ANALYSIS OF ELEMENTS AND STRUCTURAL RELATIONS IN MULTIFAMILIARY HOUSING BUILDINGS DESIGNED UNDER TUNNEL AND TRADITIONAL TYPE CONSTRUCTION SYSTEM

AUTHOR(S): María Fernanda Muñoz Caballero
Diego Fernando Arias Granados

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: Jorge Mauricio Ramirez Velasquez

ABSTRACT

The current degree project is to perform a comparative analysis of the structural relations and costs of the structural elements present in multifamily housing constructions designed under the Norma Sismo Resistente de Colombia, NSR10, and with a tunnel and portico structure type in the metropolitan area of Bucaramanga , in order to make known reference values with which it would be possible to determine in an approximate and preliminary way the costs of the structure of a building and then based on other studies in which the distribution of costs in a Project, and obtain a preliminary value at the prefeasibility level. To carry out the project, a case study was carried out in which 4 buildings were chosen, 2 tunnel type (one smaller than 10 floors and one of more than 15 floors) and 2 portico type (one smaller than 10 floors and one More than 15 floors), which were calculated the quantities of work and then determined the structural amounts, in order to be able to compare the results obtained between each building, first by type of structural system and then by similarity in height, then The cost of the project structure was established to subsequently determine the total costs of the building and the cost per M2 of each of the buildings. In this project the values of the indexes are exposed and the amounts necessary for the calculation of the cost of the structure (not including the foundation) from the buildable area of the project, at the same time the methodology for the calculation of the total cost of the project starting from the cost of the structure.

KEYWORDS:

Living MultiFamily, Tunnel System, Portico System, Amount, Budget, Costs

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el sector de la construcción en Colombia se ha venido consolidado como uno de los sectores de mayor crecimiento de la economía, aportando un porcentaje significativo al Producto Interno Bruto (PIB) del país.

Este proyecto se realiza con el fin de presenta a la comunidad en general y a las pequeñas empresas constructoras una información que puede ser útil al momento de estimar costos de estructura de una edificación de una forma preliminar con ayuda de índices y cuantías estructurales, todo esto debido a que en este sector solo las grandes constructoras cuentan con información confiable de experiencias anteriores sobre los costos que acarrea un proyecto y por el contrario algunas pequeñas empresas muchas veces inician sus obras sin tener una noción de los costos que ello conlleva, por lo cual hay incertidumbre ante el éxito o fracaso del proyecto.

Para determinar la información que resulta de este trabajo, se tomaron cuatro edificaciones diseñadas y construidas en el área metropolitana de Bucaramanga bajo la Norma Sismo Resistente Colombiana (NSR 10) con características similares en cuanto a área construida y niveles de edificación.

En todos los casos, se calcularon las cantidades de materiales necesarios para la estructura (concreto y acero), para posteriormente calcular las cuantías estructurales y analizar los resultados obtenidos. Además, se hizo uso de información obtenida de la tesis de pregrado titulada “ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS DE CONSTRUCCION PARA UN PROYECTO DE VIVIENDA PERTENECIENTE A LOS ESTRATOS TRES Y CUATRO DE BUCARAMANGA Y EL MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA”, la cual brinda datos aproximados de los porcentajes de distribución de los costos de construcción.

Como resultado de este estudio, se obtuvieron las cuantías estructurales de los proyectos, así como las cantidades de obra totales necesarias para la construcción de su estructura, y con base a ello, se pudo llegar a un estimativo preliminar de los costos del proyecto.

1. FORMULACION DEL PROBLEMA

El proceso de presupuestación de los costos de obra es una actividad clave para la planificación de cualquier tipo de proyecto, incluido los de construcción de obras civiles. Este presupuesto puede ser aproximado o definitivo dependiendo del grado de detalle de la información del proyecto con la que este se construye y de la etapa del ciclo de vida del proyecto en el que se incluye.

Cuando se hace de manera preliminar, por ejemplo en los casos en donde el proyecto se encuentra en fase de pre factibilidad, se hace con información preexistente que para el caso de empresas consolidadas, esta proviene de anteriores experiencias. Un ejemplo de ello es el presupuesto preliminar de la estructura que se puede estimar con información de cantidades de acero por volúmenes de material estructural, comúnmente llamadas cuantías. Para el caso de las grandes empresas constructoras, ellas manejan índices y cuantías de materiales en sus proyectos, gracias a que cuentan con información confiable y real de sus experiencias pasadas, lo cual los pone en situación de ventaja frente a aquellas que no lo tienen. En el caso de las pequeñas o nuevas empresas constructoras, generalmente ellas no cuentan con este tipo de información, por lo que recurren a estimaciones empíricas en el mejor de los casos o en otros no tienen acceso a ella.

Por lo anterior, el acceso a este tipo de información constituye una gran barrera para las pequeñas y medianas empresas que quieren hacer un presupuesto preliminar de construcción y con ello competir en el mercado. Frecuentemente se presentan el caso de empresas que se aventuran en el negocio de la construcción sin conocer a ciencia cierta la magnitud de los gastos a acarrear, terminando algunas de ellas en fracasos económicos o proyectos inconclusos.

Es por esto que se desea mediante esta investigación, obtener las cuantías de elementos estructurales para el caso de proyectos de construcción de edificaciones multifamiliares, centrándose en aquellas que poseen sistema estructural tipo túnel y pórtico, y analizar la variación a nivel de cuantías, lo cual constituirá un punto de partida para la democratización de este tipo de información.

2. JUSTIFICACION

Este proyecto se hace, en primera instancia con el fin de conocer como futuros ingenieros de presupuestos; valores y/o rangos de referencia útiles al momento de realizar estimativos preliminares para presupuestos de la estructura de edificaciones multifamiliares.

En segunda instancia tal y como se planteó en la formulación del problema, se dejará como aporte una base de datos de cuantías en estructuras de acceso público, en donde se comparará entre dos de los sistemas de construcción más empleados en el Área Metropolitana de Bucaramanga, como lo son el tipo túnel y el pórtico, evaluando las variaciones entre los dos métodos con el fin de que se convierta en una herramienta útil para la realización de una estimación de cantidades y costos en una fase preliminar, y dando una idea del costo aproximado para que estas puedan ser usadas por pequeñas empresas de la construcción, ingenieros que las necesiten y puedan tener una ayuda o un punto de partida para sus proyectos de construcción de edificaciones y así darle más seguridad a ingenieros y pequeños empresarios a incursionar en el mercado de la construcción y así disminuir la incertidumbre y evitar los fracasos económicos y errores en la formulación de proyectos de edificación.

Por lo cual esta base de datos ofrece ciertas ventajas cuando se realiza en la etapa de pre factibilidad de un proyecto, como reducir los niveles de incertidumbre en cuanto a las cantidades de obra y los costos, ofrece una vista superficial de lo que puede ser la rentabilidad del proyecto, para poder observar si es viable o no, así como en la toma de decisiones necesarias para alcanzar los objetivos del proyecto desde el punto de toma de decisiones de la pre factibilidad.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Obtener las cuantías estructurales para determinadas edificaciones multifamiliares localizadas en el Área Metropolitana de Bucaramanga, con sistema estructural tipo muros estructurales (túnel) y sistema apórticado (pórtico), diseñados bajo la Norma Sismo Resistente Colombiana (NSR10), es decir proyectos diseñados a partir del año 2010 y analizar los resultados obtenidos.

3.2. Objetivo específico

- Realizar un estudio de caso en donde se analice las cantidades de acero y concreto (cuantías) de los elementos que componen la estructura, para cuatro edificaciones de vivienda multifamiliar, dos de ellas diseñadas bajo sistema estructural tipo pórtico y dos más en sistema estructural tipo túnel.
- Realizar el cálculo de índices o cuantías básicas (acero, concreto) de los elementos que conforman la estructura para edificios diseñados con sistema estructural tipo pórtico y sistema estructural tipo túnel
- Analizar la variación de los datos obtenidos (índices y cuantías básicas) para los elementos estructurales, entre edificios diseñados bajo el mismo sistema estructural con diferente número de pisos.
- Analizar la variación de los datos obtenidos (índices y cuantías básicas) para los elementos estructurales, entre edificios de igual número de pisos y diseñados bajo diferente sistema estructural (túnel y pórtico)
- Obtener un valor aproximado de costo de construcción para los proyectos estudiados, a partir de las conclusiones obtenidas en el estudio comparativo de costos de construcción realizada por Yuliana Isabel Bonett Jaimes (2011), y los datos obtenidos en este estudio.

4. ANTECEDENTES

En la revisión bibliográfica se encontró el estudio realizado por la Ingeniera Diana Carolina Bueno Quintero titulada “COMPARACIÓN DE CUANTÍAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PARA ESTRUCTURAS APORTICADAS Y DE SISTEMA COMBINADO EN CONCRETO CONVENCIONAL VS CONCRETO LIVIANO DE ACUERDO CON LO INDICADO EN EL REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10”; este estudio consistió en la comparación de edificaciones ubicadas en diferentes tipologías de suelo en Bogotá, con diferente tipo de concreto y diferente número de pisos.

Se enuncia también como precedente a este trabajo, el proyecto de grado realizado por Yuliana Isabel Bonett Jaimes, en el año 2011 en la Universidad Industrial de Santander, titulado “ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS DE CONSTRUCCION PARA UN PROYECTO DE VIVIENDA PERTENECIENTE A LOS ESTRATOS TRES Y CUATRO DE BUCARAMANGA Y EL MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA” del cual se obtuvo la distribución de los costos de construcción en las diferentes etapas de un proyecto..

5. ALCANCE

Para este proyecto se realizó un estudio de caso en el cual se tomará como muestra cuatro (4) edificaciones de vivienda multifamiliar, de proyectos localizados en el Área Metropolitana de Bucaramanga, concebidas bajo la Norma Sismo Resistente vigente para Colombia como lo es la denominada NSR10.

De las edificaciones a analizar dos (2) tienen como sistema estructural el de muros portantes comúnmente conocido como túnel, y los otros dos en sistema pórtico y/o dual. El rango de niveles está comprendido entre 8 y 20 pisos.

Se toma como caso de estudio estructuras diseñadas bajo el sistema pórtico y túnel puesto que son los sistemas estructurales más ampliamente utilizadas en la construcción de vivienda multifamiliar nueva, en el área metropolitana de Bucaramanga, de acuerdo a los datos obtenidos del Departamento Nacional de Estadística (DANE) y la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL). A nivel nacional el sistema constructivo más empleado es la mampostería confinada-pórticos, especialmente en las ciudades de Bogotá, Medellín y Bucaramanga, donde representa un 71,52% seguido por el sistema industrializado y la mampostería estructural. (CONSTRUDATA, 2013)

Se eligió cuatro edificaciones puesto que es la cantidad necesaria para poder comparar 2 edificaciones de diferente número de pisos pero igual sistema estructural y dos edificaciones de similar número de pisos pero con distinto sistema estructural, además esto coincide con el estudio de caso propuesto con anterioridad, con el cual se quiere observar que sucede en cada uno de los 4 proyectos

Este proyecto está en caminado en hallar índices y cuantías de elementos estructurales tales como, columnas, vigas, viguetas, placas de entrepiso, muros estructurales. Para este estudio no se tendrá en cuenta la cimentación de las estructuras debido a la variación que se da en el tipo de suelo para cada proyecto. Por último se hará la comparación de los resultados obtenidos y se analizarán las variaciones de estos.

Debido a que el proyecto está orientado a los elementos estructurales, el estudio analiza únicamente los elementos previamente mencionados y no aquellos que no conforman la estructura, es decir los elementos de acabados, tales como: elementos de fachada, mampostería, redes eléctricas, hidrosanitarias, etc. Por lo tanto las cantidades de acero y concreto necesario para dichos elementos son el motivo de interés y los índices se expresarán en unidades que relacionan estos dos materiales junto a las unidades de medida de área y volumen.

En el caso de número de pisos de las edificaciones estudiadas se tomó como rango de estudio entre 8 y 20 pisos de edificios destinados para vivienda multifamiliar debido a que representan la mayoría de los casos de Bucaramanga,

puesto que el 68% de los metros cuadrados aprobados durante el año 2010 para construcción fueron para la edificación de vivienda multifamiliar, además la mayoría de estos tienen una altura promedio de 13 pisos según el estudio Comparativo de Costos de Construcción para un Proyecto de Vivienda Pertenciente a los Estratos Tres(3) y Cuatro (4) de Bucaramanga y el Municipio de Floridablanca (JAIMES, 2011)

Para el presente caso de estudio no se hizo comparaciones del presupuesto realizado para este proyecto con el presupuesto real de la edificación debido a la no disponibilidad de estos datos.

Cabe resaltar que este estudio de caso está delimitado en el espacio y en el tiempo, puesto que está realizado para edificios que oscilan entre los 8 y 20 pisos y es para edificaciones diseñadas bajo la NSR 10; Este tipo de estudios tiene la ventaja de un análisis en profundidad, pero a partir de ellos no es posible emitir conclusiones generales. Por esto, se debe aclarar que el alcance de las conclusiones y los índices solo aplica para proyectos de vivienda multifamiliar que estén entre los 8 y 20 pisos y vayan a ser diseñados bajo la NSR 10.

6. METODOLOGIA

Para el presente proyecto la metodología que se llevó a cabo consta de las siguientes actividades; En primera instancia se hizo un acercamiento con empresas constructoras del área metropolitana de Bucaramanga para socializarles el proyecto y buscar vincularlas al proyecto y de esta manera tener acceso a información de proyectos que se hayan ejecutado o estén en ese proceso, diseñados bajo la norma NSR10. Esta información fue muy compleja de conseguir puesto que tanto las empresas como diseñadores se vieron reacios a compartir en detalle el despiece y dimensionamiento de sus proyectos, y los proyectos demandaban unas características específicas siendo más compleja la búsqueda de los diseños. Una vez obtenida la información requerida tal como planos estructurales, se realizó un proceso de familiarización y comprensión de dichos documentos.

En segunda instancia, con el objetivo de parametrizar la recolección de los datos de cantidades de obra, se elaboro unos formatos que permitieron extraer y procesar la información de cantidades estructurales de manera sencilla.

Seguidamente, se analizó la información obtenida y se procedió a establecer las cuantías de concreto, acero y se relacionaron con las superficies de construcción para hallar valores promedio, índices o cuantías de material típicos por área de construcción, lo anterior en aras de cumplir con los objetivos planteados en el proyecto; cabe resaltar, aunque se obtuvieron los índices y cuantías para las vigas, para este proyecto se decidió totalizar los valores obtenidos para placas y vigas y presentarlos como valores de cuantías e índices de placas, aunque quedo memoria de los datos obtenidos para las vigas.

Posteriormente, se realizo una evaluación de los resultados obtenidos para cada sistema estructural y se analizo las variaciones de los resultados. Finalmente con base a la información secundaria previamente recolectada, y los índices obtenidos en este proyecto se procedió a establecer un presupuesto aproximado del proyecto concreto y se dio las conclusiones finales del proyecto.

Para el resumen de las cuantías de los proyectos, que se encuentran en los capítulos 8.2; 8.3; 8.4 y 8.5; la operación que se utilizó fue la de dividir los valores parciales que se encuentran en el lado izquierdo de la tabla (Kgs, ml, m² y m³) entre sí dependiendo de la relación que se buscara (Kgs/ml, Kgs/m², Kgs/m³ y M³/M²).

7. MARCO TEORICO

7.1. CONCRETO REFORZADO

7.1.1. Historia

7.1.1.1. Concreto simple

El concreto tiene sus inicios en el antiguo Egipto (3000 Ac) que usaba una mezcla de barro y paja para pegar los ladrillos secos, como también fomentaron el descubrimiento de la cal y el yeso como un agente de unión para bloques de piedra en la construcción de sus pirámides. Siglos después (300 A.C.) los romanos empezaron a utilizar cal apagada con ceniza volcánica llamada puzolana, utilizando la cal como un material aglutinante o cementoso, cuya mezcla inicial consistía en una (1) parte cal y cuatro (4) de arena, también se utilizó otro tipo de mezcla consistente en dos (2) partes de puzolana y una (1) de cal. En ese entonces ya se conocía la existencia de materiales aditivos que mejoraban o modificaban las propiedades del concreto entre las cuales usualmente se encontraba aditivos como la leche, grasa animal y sangre.

Desde el año 1678 se empezó a cambiar el concreto antiguo buscando diferentes formas de hacerlo, en ese año Joseph Moxon escribió sobre la posibilidad de calentar la cal y adicionarle agua a la mezcla, dando las primeras bases a la invención del cemento hidráulico. En 1756 el primer autoproclamado ingeniero civil, el inglés John Smeaton re descubrió el cemento hidráulico después de ensayar repetidamente una mezcla de cal con agua fresca y salada. A través de múltiples experimentos los cuales tenían como base el concreto hidráulico, se le fueron adicionando cada vez más elementos novedosos como la arcilla, piedra caliza, rocas con el fin de mejorarlo, trabajos que en ultimas sentaron las bases del desarrollo del cemento portland.

7.1.1.2. Concreto reforzado

El concreto es material muy resistente a la compresión pero con poca resistencia a la tensión, representando una enorme limitación para las construcciones, lo que motivo a la búsqueda de nuevas alternativas para aumentar su resistencia a la tensión. Para contrarrestar dicha limitación; en la segunda mitad del siglo XIX se consideró factible utilizar acero para reforzar el concreto debido a su alta resistencia a la tensión lo que le daría una gran mejora al concreto. Al principio

consistía en un refuerzo conformado por barras circulares de acero con deformaciones superficiales apropiadas para proporcionar adherencia, entonces una vez las barras estaban rodeadas por la masa del concreto comenzaban a formar parte del elemento y así mejoraba sus propiedades creando así lo que hoy llamamos concreto reforzado.

7.1.1.3. Empleo del concreto reforzado en Colombia

Los primeros cementos en Colombia comienzan a importarse alrededor del año 1885 cuando en Inglaterra se introdujo su fabricación en hornos rotatorios, pero al principio no fueron tan grandes las cantidades importadas debido a que no habían obras que destacar en esa época, 20 años después industrias e inversiones Samper crea la primera fábrica cementera de Colombia, la cual estaba ubicada en las cercanías de la capital.

En 1935 incursionaron al mercado cementos diamante (Cundinamarca) y cementos argos (Antioquia). En 1945 se empiezan a fundar diferentes fábricas en el país: valle del cauca (Cementos del Valle), Santander (Cementos Diamante), Magdalena (Cementos Nare) y Costa Atlántica (Cementos Caribe). En 1955 surgen Cementos Cairo y Hércules, entre 1986 y 1988 surgen Cementos Rio Claro y Andino. Entre el 2003 y 2008 Surgen Cementos Concrecem y la nueva plata de Cementos Tequendama.

Actualmente hay tres grandes grupos de cementos que son:

- CEMEX (el cual adquirió Cementos Diamante y Samper)
- Grupo ARGOS (que consta de Cementos argos, Cementos El Cairo, Cementos Caribe, Cementos Paz del Rio, Cementos Nare, Cementos Rio claro, Cementos Andino, Concrecem, Tol cemento y Cementos del Valle)
- Grupo HOLCIM (propietario de Cementos Boyacá)

7.1.2. Comportamiento estructural

El concreto reforzado es una combinación de concreto simple y acero en la cual el concreto se caracteriza por resistir muy bien los esfuerzos de compresión, no obstante, la resistencia tanto a cortante como a tracción son bajas, por lo que solo se utiliza en situaciones donde las sollicitaciones de tracción y cortante son bajas. De allí surgió la necesidad de incluir acero transversal el cual brinda la posibilidad resistir esfuerzos a cortante y tracción además de darle confinamiento lateral a las formas estructurales.

Ventajas del concreto reforzado como material estructural

El concreto reforzado posee características apropiadas para la construcción de los elementos que componen una estructura tales como la trabajabilidad, durabilidad, impermeabilidad y resistencia. Entre las ventajas del concreto reforzado como material estructural encontramos las nombradas por (McCormac, 2011).

- Tiene una resistencia considerable a la compresión por unidad de costo en comparación con muchos otros materiales.
- El concreto reforzado tiene gran resistencia a las acciones del fuego y el agua y, de hecho, es el mejor material estructural que existe para los casos en que el agua esté presente. Durante incendios de intensidad media, los miembros con un recubrimiento adecuado de concreto sobre las varillas de refuerzo sufren sólo daño superficial sin fallar.
- Las estructuras de concreto reforzado son muy rígidas.
- Requiere de poco mantenimiento.
- Comparado con otros materiales, tiene una larga vida de servicio. Bajo condiciones apropiadas, las estructuras de concreto reforzado pueden usarse indefinidamente sin reducción en sus capacidades de carga. Esto puede explicarse por el hecho de que la resistencia del concreto no disminuye con el tiempo, sino que en realidad aumenta con los años, debido al largo proceso de solidificación de la pasta de cemento.
- Es prácticamente el único material económico disponible para zapatas, losas de piso, muros de sótano, columnas y construcciones similares.
- Una característica especial del concreto es la posibilidad de colarlo en una variedad extraordinaria de formas que van desde simples losas, vigas y columnas, hasta grandes arcos y cascarones, adaptándose a los moldes que la confinan (formaleta).
- Se requiere mano de obra de baja calificación para su montaje, en comparación con otros materiales estructurales, como el acero.

Desventajas del concreto reforzado como material estructural

- El concreto tiene una resistencia muy baja a la tensión, por lo que siempre requiere el uso de un refuerzo para resistir los esfuerzos de tensión.
- Se requieren cimbras o formaletas para mantener el concreto en posición hasta que se endurezca lo suficiente (fraguado). Además, pueden requerirse obras falsas o apuntalamiento para apoyar la cimbra de techos, muros, pisos y estructuras similares hasta que los miembros de concreto adquieran suficiente resistencia para soportarse por sí mismos. Su costo resulta elevado, por ejemplo en el caso de EE.UU representa de uno a dos tercios del costo total de una estructura de concreto reforzado, con un valor promedio aproximado de 50%.
- La baja resistencia por unidad de peso de concreto conduce al diseño de elementos que resultan pesados. Esto se vuelve muy importante en estructuras de grandes luces, en donde el gran peso muerto del concreto tiene un fuerte efecto en los momentos a flexión. Para este caso podría usarse agregados ligeros para reducir el peso del concreto, pero el costo del concreto aumentaría.
- Igualmente, la baja resistencia por unidad de volumen del concreto implica que los miembros serán relativamente grandes, lo que es de una considerable desventaja en edificios altos y en estructuras de grandes claros.

- Las propiedades del concreto varían ampliamente debido a las modificaciones en su proporción, mezclado y aditivos.

7.2. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PARA ESTRUCTURAS EN CONCRETO REFORZADO

Dadas las bondades ya citadas para el caso del concreto reforzado, y la abundancia de dicho material en Colombia, la gran mayoría de ellas lo tienen como componente principal de las estructuras. Desde los inicios de la construcción con concreto en Colombia, se empleó mayoritariamente el sistema pórtico (también llamado convencional o tradicional) dada su fácil ensamblaje. Posteriormente con la introducción del sistema de muros estructurales (también conocido como túnel o industrializado), algunos constructores optaron por su utilización.

En consecuencia, podemos decir que la gran mayoría de las edificaciones construidas en el país utilizan alguno de estos dos sistemas estructurales o sus variantes. Es por eso, que en este trabajo se ha decidido hacer énfasis en el estudio de estructuras diseñadas bajo estos sistemas.

A continuación haremos la descripción de cada uno de ellos, con sus aspectos más relevantes.

7.2.1. Sistema tipo túnel

7.2.1.1. Descripción del sistema

Es un sistema de construcción de tipo industrializado para la fabricación de estructuras que genera elevado rendimiento en obra y un mejor aprovechamiento de recursos. Consiste en la realización de estructuras de concreto armado compuestas por dos elementos estructurales: muros de carga y losas cuyos espesores comparados con el sistema constructivo tradicional son relativamente delgados. Además, el sistema utiliza una baja cantidad de mano de obra, de mediana especialización y mínimos tiempos de ejecución, lo que genera una mayor economía en la construcción y una reducción de los tiempos de ella.

La estructura de soporte está basada en muros de corte y placas de diafragma rígido que tiene un buen funcionamiento en el evento de un sismo. El sistema permite además fundir en una misma operación muros junto con la placa dando como resultado una estructura monolítica con gran rigidez en ambas direcciones con el fin de absorber las fuerzas laterales.

Para este tipo de sistema constructivo es necesaria una formaleta en forma de U invertida en material metálico que le brinda mejores acabados y un ensamble monolítico de la estructura aportando mayor rigidez a la misma.

Posee algunos inconvenientes y limitaciones entre los cuales se encuentra la poca libertad arquitectónica, el costo elevado de la formaleta metálica y no permite modificaciones futuras de construcción.

7.2.1.2. Forma y tamaño

Este sistema se diferencia del pórtico puesto que utiliza formaletas de grandes dimensiones para brindar una fundida monolítica entre placas y muros, es por esto que se hacen necesarios para este sistema el uso de elementos de transporte vertical de gran capacidad como es el caso de las conocidas torres grúa.

La formaleta para este sistema tiene una forma de medio túnel o coquilla, consiste en una sección rectangular compuesta por un panel vertical (PV) de una altura igual a la del muro a fundir y un panel horizontal (PH). Ambos paneles están ensamblados entre sí mediante pernos formando un ángulo. Dos medios túneles enfrentados entre sí conforman un túnel. El semi-túnel, elemento de base, puede recibir accesorios para responder a las necesidades particulares de cada estructura.

7.2.1.3. Tipo de concreto

Debido a la rotación diaria de la formaleta, principio básico de este sistema, se hace necesario asegurara el fraguado del concreto en 14 horas, por lo que se recomienda trabajar con un concreto muy fluido con asentamientos de 5 a 8 pulgadas a la hora de fundir en donde se debe tener cuidado en la dosificación de mezcla evitando que al obtener manejabilidad se involucre la resistencia.

7.2.1.4. Comportamiento estructural

Debido a que este sistema estructural permite la fundición de muros en dos direcciones y placa en la misma operación proporciona una estructura monolítica con rigidez en ambas direcciones. En este sistema las cargas gravitacionales se transmiten a la fundación mediante fuerzas axiales en los muros, los momentos flexionantes son generalmente muy pequeños comparados a los esfuerzos cortantes, por lo cual no se puede esperar un comportamiento dúctil, al no producirse disipación de energía.

7.2.1.5. Ventajas

- Menor consumo de materiales por la eficiencia de usar los muros divisorios.

- Menor cantidad de refuerzo requerida por ser más liviana la estructura, y menores las luces de las losas, al emplear todo muro como apoyo.
- Menores costos de gastos generales en la construcción y menores costos financieros al disminuir el tiempo de entrega de los proyectos.
- Permite la rotación diaria de la formaleta obteniendo altos rendimientos de construcción.
- Al fundirse monolíticamente aporta excelente comportamiento ante eventos sísmicos.
- Rapidez en la ejecución con poco desperdicio de material y muy buenos acabados.
- El sistema por el tipo de encofrado permite que se construyan varios edificios simultáneamente.

7.2.1.6. Desventajas

- Bajo aislamiento acústico
- Baja protección a temperaturas
- Se trabaja con concreto muy fluido
- Se debe tener cuidado con la uniformidad
- Poco libertad arquitectónica, limitaciones en cuanto a la distribución de los espacios internos.
- Costo de formaleta elevado
- Por su rigidez, está expuesto a grandes esfuerzo laterales producidos por sismicidad, los cuales deberán ser disipados por las fundaciones necesitando entonces para su construcción un suelo con gran capacidad portante.

7.2.2. Sistema tradicional

7.2.2.1. Descripción del sistema

Los elementos aporricados son estructuras en concreto armado resistente a cargas horizontales y verticales convirtiéndolos en estructuras resistentes ante sismos, están constituidos por vigas, columnas y placas.

7.2.2.2. Forma y tamaño

En este sistema las dimensiones de la estructura en conjunto dependen del diseño estructural requerido para cada uno de sus elementos y está en función del tipo y la magnitud de las solicitaciones analizadas.

7.2.2.3. Tipo de concreto

Este tipo de sistema estructural no requiere algún tipo de concreto en específico, únicamente que el tamaño máximo del agregado no sea, mayor que el

espaciamiento entre las barras de refuerzo y y varia para cada componente de la estructura.

7.2.2.4. Comportamiento estructural

El comportamiento y eficiencia de una estructura aporricado depende de la rigidez relativa de vigas y columnas puesto que es una estructura hiperestática. Las cargas verticales que actúan principalmente sobre la estructura son el peso propio de la estructura, cargas muertas y cargas vivas, dependiendo de su uso. Las cargas horizontales a las cuales está expuesta la edificación, son la presión y succión por viento, y cargas de sismo. Todas estas son normalmente cargas distribuidas variables tanto en intensidad como en frecuencia por lo que se hace importante controlar su transmisión.

7.2.2.5. Ventajas

- Posee la ventaja de poder realizar internamente modificaciones, es decir posee varias posibilidades arquitectónicas puesto que sus muros no soportan cargas.
- No es un sistema constructivo complejo y no requiere mayor experiencia de parte del constructor.

7.2.2.6. Desventajas

- Es una construcción más pesada pues sus elementos estructurales poseen una dimensión mayor haciendo que esta construcción sea más costosa.
- El sistema es de construcción húmeda e implica un mayor tiempo en el proceso de construcción.
- En edificios de altura el dimensionamiento de los elementos estructurales (vigas y columnas) es mayor causando obstrucción visual y reducción de espacios.
- En comparación al sistema de muros estructurales, el pórtico es más costoso si se mira de manera global la construcción, debido a que el último conlleva a más tiempo de ejecución.
- El tiempo necesario para la ejecución de la obra es mayor en comparación de otros sistemas llevando a elevar los costos de la estructura.

7.3. CUANTÍAS ESTRUCTURALES

Las cuantías estructurales consisten en los kilogramos de acero que se necesitan para construir vigas, columnas, entrepiso y demás elementos estructurales, tomada como referencia alguna de las medidas de estos elementos, pueden ser en kgs/m, kgs/m² o kgs/m³.

Para el presente proyecto, las cuantías estructurales hacen referencia a la proporción entre la cantidad de material utilizado y la unidad de construcción determinada, por ejemplo la cantidad de kilogramos de acero requerida para la realización de un metro cuadrado de placa de entre piso.

7.3.1. Estudios en Colombia sobre cuantías estructurales

En la revisión bibliográfica se encontró la tesis de maestría titulada “Comparación de cuantías de materiales de construcción para estructuras aporricadas y de sistema combinado en concreto convencional vs concreto liviano de acuerdo con lo Indicado en el reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10”; este estudio consistió en la comparación de edificaciones ubicadas en diferentes tipologías de suelo, con diferente tipo de concreto y diferente número de pisos. (Quintero, 2015)

Dentro de los resultados que sirven como punto de partida en este estudio se encontró que para el caso de edificaciones con alturas entre 10 y 15 pisos las cuantías estructurales se encuentran en los siguientes valores. (tabla1 y 2). Los rangos establecidos se determinan por la diferencia del tipo de suelo en las cuales se encuentran las edificaciones.

Tabla 1 Tabla 1 Cuantía de acero para edificación de 10 pisos

Edificación de 10 pisos		
Elemento estructural	Cuantías de acero	
Vigas aéreas	(12,7 - 11,46)	Kg/m2
Vigas aéreas	(169,4 - 144,62)	Kg/m3
Columna	(13,8 - 8,96)	Kg/m2
Columna	(198,9 - 365,93)	Kg/m3
Elementos verticales	(13,8 - 9)	Kg/m2
Elementos verticales	(198,9 - 365,9)	Kg/m3

Fuente: (Quintero, 2015)

Tabla 2 Tabla 2 Cuantía de acero para edificación de 15 pisos

Edificación de 15 pisos		
Elemento estructural	Cuantías de acero	
Vigas aéreas	(13,6 - 11,5)	Kg/m2
Vigas aéreas	(176,1 - 144)	Kg/m3
Columna	(16,8 - 9,9)	Kg/m2
Columna	(212,1 - 359)	Kg/m3
Elementos verticales	(16,8 - 9,9)	Kg/m2
Elementos verticales	(349,2 - 443,3)	Kg/m3

Fuente: (Quintero, 2015)

Otro dato encontrado en la revisión bibliográfica está en la investigación realizada por Luis Enrique Aguas Triana Y José Pablo Pedraza Moreno sobre comparación de costos de estructuras entre los sistemas túnel y tradicional en zonas de alto riesgo sísmico, en ella se determinaron algunas cuantías estructurales, como lo fueron la cantidad de acero por metro cuadrado de construcción tanto para el sistema túnel como para el sistema a porticado o tradicional, 23,53kg/m² y 27,31 kg/m² respectivamente. (Serrano, 2005)

7.4. GESTIÓN DE COSTOS EN LA FASE DE PREFACTIBILIDAD O ANTEPROYECTO PRELIMINAR

La pre factibilidad consiste en un análisis preliminar de la viabilidad de un proyecto en el cual se deben tener en cuenta aspectos técnicos, como una investigación de mercado, estudio financiero, entre otros que permitan reducir el riesgo al cual se está expuesto debido a que en esta fase es posible descartar las alternativas que no son factibles y escoger la mejor.

En la etapa de pre factibilidad cobra gran importancia realizar una aproximación de costos por ser un elemento que permite determinar la viabilidad de un proyecto basándose en la inversión necesaria para la ejecución , esta aproximación permite tomar una decisión de si se invierte en un proyecto o se busca una alternativa distinta.

Al determinar en la fase preliminar del proyecto unos costos aproximados se puede minimizar el riesgo aumentando la certidumbre y ayudando así en la elección de una alternativa factible para pasar a la etapa de factibilidad en la cual se realizará un estudio más detallado de la alternativa y a su vez efectuar la evaluación económica final.

Para poder realizar esta aproximación de costos totales de proyectos se tendrá en cuenta un estudio comparativo de costos de construcción realizado por (autores) en el cual teniendo el costo únicamente de la estructura se podrá determinar el costo aproximado del proyecto.

Para poder calcular estos costos aproximados se hallaran las cantidades de obra y materiales de las estructuras de 4 edificaciones de sistema estructural tipo pórtico y sistema estructural tipo túnel; esto se basa en el cálculo de los índices de construcción y cuantías estructurales para poder determinar el costo únicamente de las estructuras.

8. RESULTADOS OBTENIDOS

8.1. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS PROYECTOS

Tabla 3 Tabla 3 Especificaciones técnicas de los proyectos

NOMBRE / CARACTERISTICA	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2	EDIFICIO 3	EDIFICIO 4
Ubicación	Bucaramanga	Bucaramanga	Bucaramanga	Bucaramanga
Norma de diseño	NSR 10	NSR 10	NSR 10	NSR 10
Estrato	4	4	4	4
Sistema Constructivo	Tipo Túnel	Tipo Pórtico	Tipo Túnel	Tipo Pórtico
Número De Pisos (No incluye cimentación)	9	8	20	17
Configuración estructural	Regular	Regular	Regular	Irregular
Pantallas	Si	Si	Si	No
Columnas	N/A	Si	N/A	Si
Tipo de placa	Maciza	Aligerada	Maciza	Maciza
Tipo de Vigas	Vigas Muro Loza / Viga Desc. / Viga Escalera	Vigas / Viguetas/ Vigas Desc.	Vigas Muro Loza	Vigas
Área construida (área de las placas)	4012,11	2927,53	12424,8	14326,55

Fuente: **Autor**

Por petición de aquellas empresas y personas que facilitaron la información necesaria de los proyectos, no se publicó nombres de edificaciones, direcciones, y nombres de empresas.

8.2. EDIFICIO 1

8.2.1. CARACTERISTICAS TECNICAS

El EDIFICIO 1 cuenta con sistema estructural tipo muros estructurales o túnel, se encuentra ubicada en el área metropolitana de Bucaramanga y está diseñada bajo la Norma Sismo Resistente Colombiana NSR10, posee 9 niveles y su área construida es de 4.012 m², consta de pantallas, placa maciza, vigas muro losa, vigas descolgadas y viga escalera, y su configuración estructural es Regular.

8.2.1. CANTIDADES ESTRUCTURALES

Se obtuvieron las siguientes cantidades y cuantías estructurales:

Tabla 4 Tabla 4 Cantidades y cuantías estructurales del EDIFICIO 1

		ml	m ²	m ³	Kg	CUANTIA ACERO			CUANTIA CONCRETO		
EDIFICIO 1	COLUMNAS	COLUMNAS									
	PANTALLA	MALLA ELECTROSOLDADA				10202.37					
		BARRA CORRUGADA		4362.40	643.68	48107.08					
		MALLA + BARRA CORRUGADA		4362.40	643.68	58309.45	KG/M2 13.37	KG/M3 90.59		M2/M2 PLACA 1.09	M3/M2 0.15
	VIGAS	VIGA MURO LOSA	5089.28	693.11	83.17	11038.70	KG/ML 2.17	KG/M2 15.93	KG/M3 132.72	M3/M2 PLACA 0.02073	M3/M2 DE VIGA 0.12
		VIGA DESCOLGADA	117.45	17.62	5.29	1229.00	KG/ML 10.46	KG/M2 69.76	KG/M3 232.53	M3/M2 PLACA 0.00	M3/M2 DE VIGA 0.30
		VIGA ESCALERA	45.35	15.90	2.43	675.68	KG/ML 14.90	KG/M2 42.49	KG/M3 277.97	M3/M2 PLACA 0.00	M3/M2 DE VIGA 0.15
		VML-VG DESCOLGADA-VG ESC	5252.08	726.63	90.89	12943.38	KG/ML 2.46	KG/M2 17.81	KG/M3 142.41	M3/M2 PLACA 0.02265	M3/M2 DE VIGA 0.13
	ESCALERAS	ESCALERAS			31.738	2682.34		KG/M3 84.52			
	PLACAS	VIGAS			7.72	12,943.38					
		MALLA ELECTROSOLDADA		4012.11	481.4532	24,867.54					
		VML + MALLA ELECTROSOLDAD		4012.11	481.4532	37,810.92		KG/M2 9.42	KG/M3 78.53	M3/M2 0.12	
	TOTAL		4012.11	1164.59	98,802.71		KG/M2 24.63	KG/M3 84.84	M3/M3 0.29		

Fuente: Autor

8.3. EDIFICIO 2

8.3.1. CARACTERISTICAS TECNICAS

El EDIFICIO 2 cuenta con sistema estructural tipo pórtico, se encuentra ubicada en el área metropolitana de Bucaramanga y está diseñada bajo la Norma Sismo Resistente Colombiana NSR10, posee 8 niveles y su área construida es de 2927,53 M2, cuenta con placa aligerada, columnas, vigas, viguetas, vigas descolgadas y su configuración estructural es Regular.

8.3.1. CANTIDADES ESTRUCTURALES

Se obtuvieron las siguientes cantidades y cuantías estructurales:

Tabla 5 Tabla 5 Cantidades y cuantías estructurales del EDIFICIO 2

		ml	m ²	m ³	Kg	CUANTIA ACERO			CUANTIA CONCRETO		
EDIFICIO 2	COLUMNAS	COLUMNAS	688.5	1532.2	201.176	31828.69	KG/ML 46.23	KG/M2 20.77	KG/M3 158.21	M3/M2 PLACA 0.069	M3/M2 COLUMNA 0.13
	PANTALLA	MALLA ELECTROSOL		713.62	245.457	5576.67					
		BARRA CORRUGADA		713.62	245.457	12030.00					
		MALLA + BARRA		713.62	245.457	17606.66		KG/M2 24.67	KG/M3 71.73	M2/M2 PLACA 0.24	M3/M2 PANTALLA 0.34
	VIGAS	VIGAS	2026.1	789.614	394.807	38052.70	KG/ml 18.78	KG/M2 48.19	KG/M3 96.38	M3/M2 DE VIGA 0.50	
	ESCALERAS	ESCALERAS			17.69395	1527.04			KG/M3 86.30		
	PLACA	VIGAS			394.807	38052.70					
		VIGUETAS			107.658	9831.58			KG/M3 91.32		
		ALIGERADA		2927.53	146.3765	7370.73		KG/M2 2.52	KG/M3 50.35	M3/M2 0.05	
		VIGAS+VIGUETAS+ALIGERADA		2927.53	648.8415	55255.01		KG/M2 18.87	KG/M3 85.16	M3/M2 0.22	
TOTAL			2927.53	1113.17	106217.41		KG/M2 36.28	KG/M3 95.42	M3/M2 0.38		

Fuente: Autor

8.4. EDIFICIO 3

8.4.1. CARACTERISTICAS TECNICAS

El EDIFICIO 3 cuenta con sistema estructural tipo muros estructurales o túnel, se encuentra ubicada en el área metropolitana de Bucaramanga y está diseñada bajo la Norma Sismo Resistente Colombiana NSR10, posee 20 Niveles y su área construida es de 12424,8 M2, cuenta con placa maciza, vigas muro losa y su configuración estructural es Regular.

8.4.2. CANTIDADES ESTRUCTURALES

Se obtuvieron las siguientes cantidades y cuantías estructurales.

Tabla 6 Tabla 6 Cantidades y cuantías estructurales del EDIFICIO 3

		ml	m ²	m ³	Kg	CUANTIA ACERO			CUANTIA CONCRETO		
EDIFICIO 3	COLUMNAS	COLUMNAS									
	PANTALLA	MALLA ELECTROSOLDADA				176289.97					
		BARRA CORRUGADA		13508.45	2030.53	54856.26					
		MALLA + BARRA CORRUGADA		13508.45	2030.53	231146.23		KG/M2 17.11	KG/M3 113.84	M2/M2 DE PLACA 1.09	M3/M2 PANTALLA 0.15
	VIGAS	VIGAS ML	6172.00	1851.60	222.19	26928.50	KG/ML 4.36	KG/M2 14.54	KG/M3 121.19	M3/M2 PLACA 0.02	M3/M2 VIGA 0.12
	ESCALERAS	ESCALERAS			25.74	2063.52	KG/M3 80.17				
	PLACAS	VIGAS ML				26,928.50					
		MALLA		12424.8	1725.45	95,038.49					
		VIGAS ML + MALLA		12424.8	1725.45	121,966.99		KG/M2 9.82	KG/M3 70.69	M3/M2 0.14	
	TOTAL			12424.8	4003.92	355,176.74		KG/M2 28.59	KG/M3 88.71	M3/M2 0.32	

Fuente: Autor

8.5. EDIFICIO 4

8.5.1. CARACTERISTICAS TECNICAS

El EDIFICIO 4 cuenta con sistema estructural tipo pórtico, se encuentra ubicada en el área metropolitana de Bucaramanga y está diseñada bajo la Norma Sismo Resistente Colombiana NSR10, posee 17 Niveles y su área construida es de 14326,65 M², cuenta con loza maciza, vigas, columnas y para efectos del diseño la edificación está clasificada como irregular en planta lo que trae como consecuencia que esta edificación tenga un castigo en el diseño estructural debido a que el coeficiente de capacidad de disipación de energía R debe reducirse multiplicándose por ϕ_p debido a irregularidades por planta, esto implica que se va a obtener mayor cantidad de material en esta edificación en comparación con las anteriores que son consideradas como regulares.

8.5.2. CANTIDADES ESTRUCTURALES

Se obtuvieron las siguientes cantidades y cuantías estructurales:

Tabla 7 Tabla 7 Cantidades y cuantías estructurales del EDIFICIO 4

		ml	m ²	m ³	Kg	CUANTIA ACERO			CUANTIA CONCRETO		
EDIFICIO 4	COLUMNAS	COLUMNAS	1678	3988.87	531.859	116787.44	KG/ml 69.60	KG/M2 29.28	KG/M3 219.58	M3/M2 de PLACA 0.037	M3/M2 de COLUMNA 0.133
	PANTALLA	MALLA ELECTROSOLDADA		1516.44	521.60	11850.4148					
		BARRA CORRUGADA			521.60	25563.7472					
		MALLA + BARRA		1516.44	521.60	37414.1621		KG/M2 24.67	KG/M3 71.73	M2/M2 PLACA 0.11	M3/M2 0.344
	VIGAS DESC	VIGAS	11685.02	2066.4435	1752.6629	390433.18	KG/ml 33.41	KG/M2 188.94	KG/M3 222.77	M3/M2 PLACA 0.122	M3/M2 PVIGA 0.85
	ESCALERAS	ESCALERAS			34.674	2758.40	KG/M3 79.55				
	PLACA	VIGAS			1422.03194	390433.18					
		MACIZA		14326.65	2292.26384	170136.44	KG/M2 11.88	KG/M3 74.22		M3/M2 0.16	
		VIGAS + MACIZA		14326.65	3714.29578	560569.62	KG/M2 39.13	KG/M3 150.92		M3/M2 0.26	
	TOTAL			14326.65	4802.42	717529.62		KG/M2 50.08	KG/M3 149.41	M3/M2 0.34	

Fuente: Autor

9. ANALISIS DE RESULTADOS

9.1. TABLA DE CUANTIAS ESTRUCTURALES GENERALES

Tabla 8 Cuantías estructurales proyectos tipo túnel EDIFICIO 1 y EDIFICIO 3

	DESCRIPCIÓN	EDIFICIO 1					EDIFICIO 3				
		CUANTIA DE ACERO			CUANTIA CONCRETO		CUANTIA DE ACERO			CUANTIA CONCRETO	
COLUMNAS	COLUMNAS	KG/ml	KG/M2	KG/M3	M3/M2 PLACA	M3/M2 COLUMNA	KG/ml	KG/M2	KG/M3	M3/M2 PLACA	M3/M2 COLUMNA
		0	0	0	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0.00
PANTALLA	MALLA ELECTROSOLDADA + ACERO CORRUGADO	KG/ml	KG/M2	KG/M3	M2/M2 PLACA	M3/M2 PANTALLA	KG/ml	KG/M2	KG/M3	M2/M2 PLACA	M3/M2 PANTALLA
		0	13.37	90.59	1.09	0.15	0	17.11	113.84	1.09	0.15
VIGAS	VML-VG DESCOLGADA-VG ESC	KG/ml	KG/M2	KG/M3	M3/M2 PLACA	M3/M2 VIGA	KG/ml	KG/M2	KG/M3	M3/M2 PLACA	M3/M2 VIGA
		2.46	17.81	142.41	0.023	0.13	4.36	14.54	121.19	0.02	0.12
ESCALERAS	ESCALERA	KG/ml	KG/M2	KG/M3	M3/M2		KG/ml	KG/M2	KG/M3	M3/M2	
		0	0	84.52	0		0	0	80.17	0	
PLACAS	VML+MALLA ELEC ó ALIGERADA ó	KG/ml	KG/M2	KG/M3	M3/M2		KG/ml	KG/M2	KG/M3	M3/M2	
		0	9.42	78.53	0.12		0	9.82	70.69	0.14	
TOTAL		KG/ml	KG/M2	KG/M3	M3/M2		KG/ml	KG/M2	KG/M3	M3/M2	
		0	24.63	84.84	0.29			28.59	88.71	0.32	

Fuente: Autor

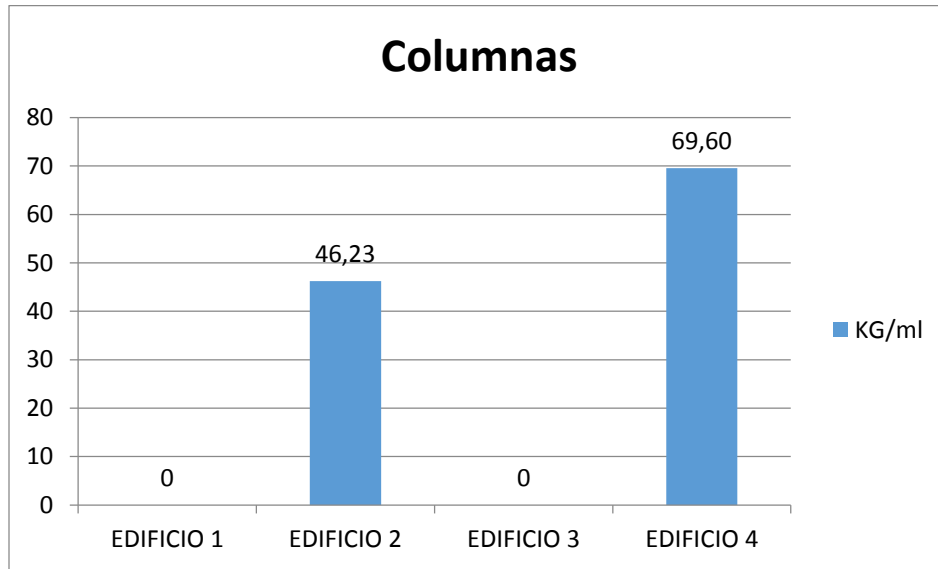
Tabla 9 Cuantías estructurales proyectos tipo pórtico EDIFICIO21 y EDIFICIO 4

DESCRIPCIÓN	EDIFICIO 2					EDIFICIO 4					
	CUANTIA DE ACERO			CUANTIA CONCRETO		CUANTIA DE ACERO			CUANTIA CONCRETO		
COLUMNAS	COLUMNAS	KG/ml	KG/M2	KG/M3	M3/M2 PLACA	M3/M2 COLUMNA	KG/ml	KG/M2	KG/M3	M3/M2 PLACA	M3/M2 COLUMNA
		46.23	20.77	158.21	0.07	0.13	69.60	29.28	219.58	0.037	0.13
PANTALLA	MALLA ELECTROSOLDAD A + ACERO CORRUGADO	KG/ml	KG/M2	KG/M3	M2/M2 PLACA	M3/M2 PANTALLA	KG/ml	KG/M2	KG/M3	M2/M2 PLACA	M3/M2 PANTALLA
		0	24.67	71.73	0.24	0.34	0	24.67	71.73	0.11	0.34
VIGAS	VML-VG DESCOLGADA-VG ESC	KG/ml	KG/M2	KG/M3	M3/M2 PLACA	M3/M2 VIGA	KG/ml	KG/M2	KG/M3	M3/M2 PLACA	M3/M2 VIGA
		18.78	48.19	96.38	0.13	0.50	33.41	188.94	222.77	0.12	0.85
ESCALERAS	ESCALERA	KG/ml	KG/M2	KG/M3	M3/M2		KG/ml	KG/M2	KG/M3	M3/M2	
		0	0	86.30	0		0	0	79.55	0	
PLACAS	VML+MALLA ELEC ó ALIGERADA ó MACIZA	KG/ml	KG/M2	KG/M3	M3/M2		KG/ml	KG/M2	KG/M3	M3/M2	
		0	18.87	85.16	0.22			39.13	150.92	0.26	
TOTAL		KG/ml	KG/M2	KG/M3	M3/M2		KG/ml	KG/M2	KG/M3	M3/M2	
			36.28	95.42	0.38			50.08	149.41	0.34	

Fuente: Autor

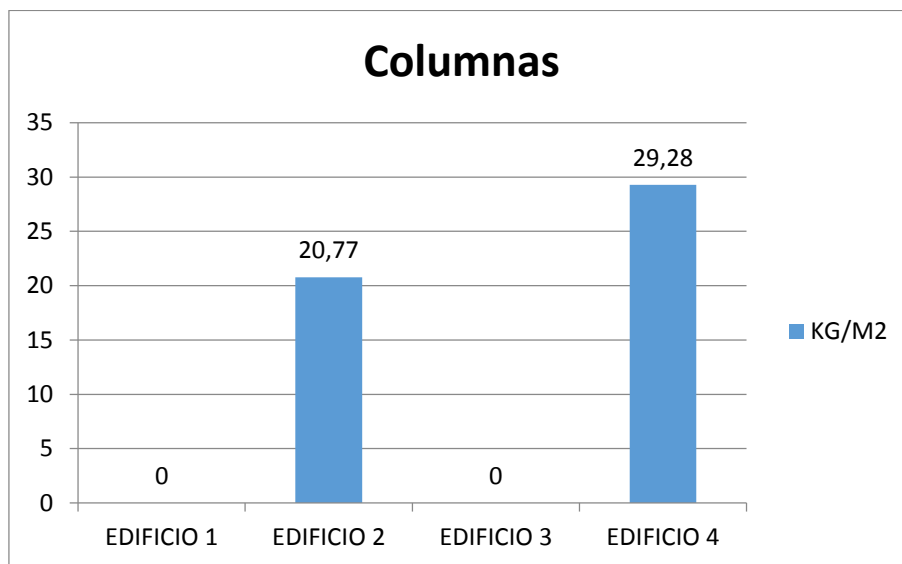
9.1. CUANTÍA POR ELEMENTO ESTRUCTURAL

A continuación se presenta en forma gráfica los resultados obtenidos



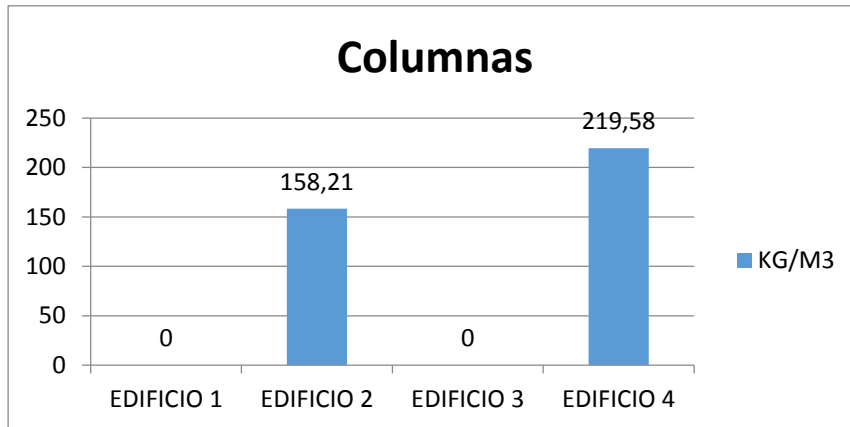
Gráfica 1 Cuantía de acero en columnas (Kg/ml)

Fuente: **Autor**



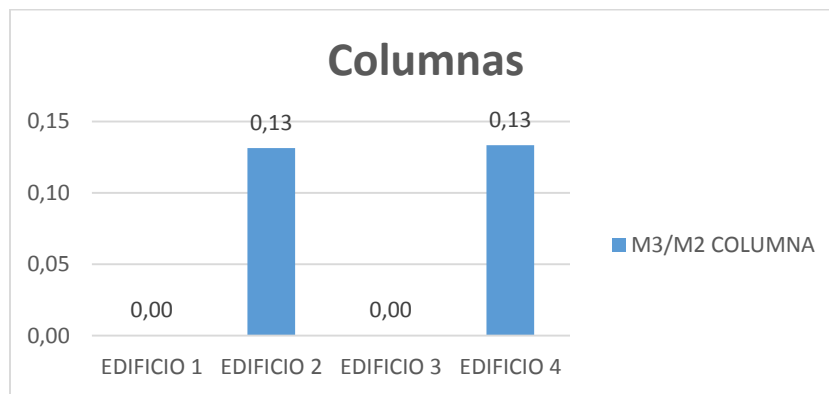
Gráfica 2 Cuantía de acero (Kg/m2) de Columnas

Fuente: **Autor**



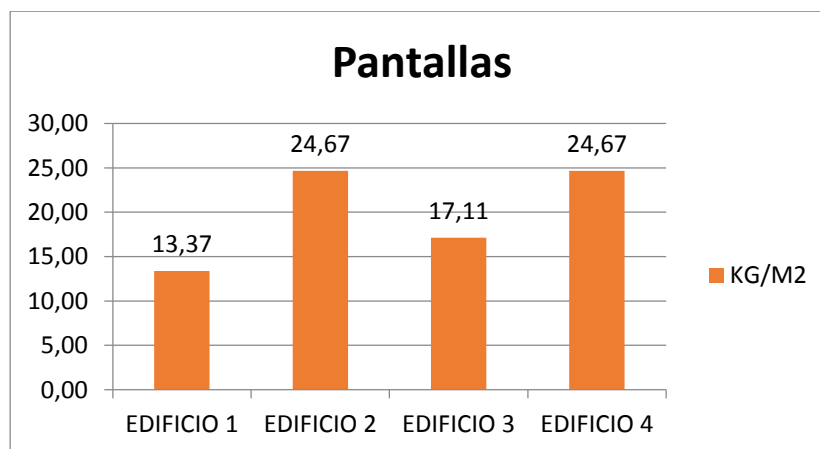
Gráfica 3 Cuantía de acero (Kg/m3) de Columnas

Fuente: Autor



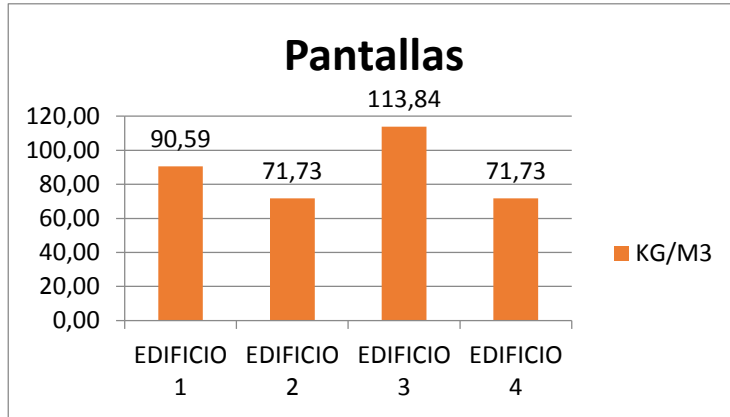
Gráfica 4 Cuantía de concreto (m3/m2) de Columna

Fuente: Autor



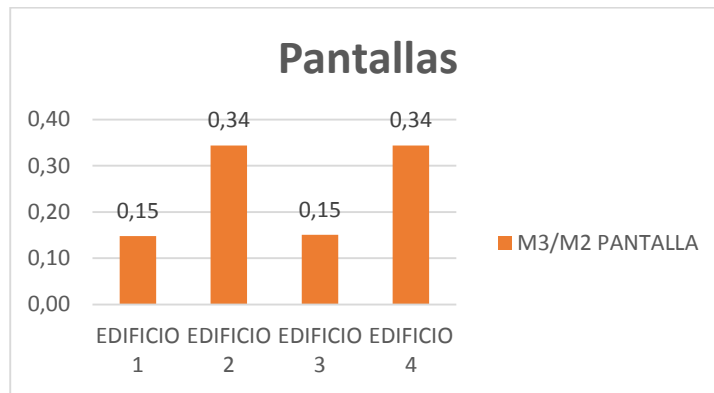
Gráfica 5 Cuantía de acero (kg/m2) de Pantallas

Fuente: Autor



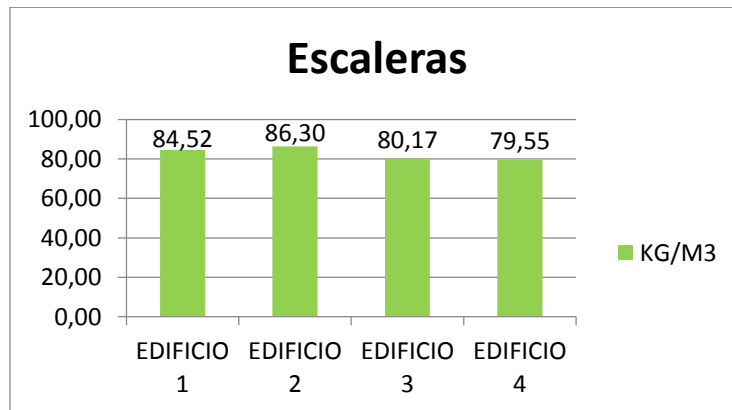
Gráfica 6 Cuantía de acero (Kg/m3) de Pantallas

Fuente: **Autor**



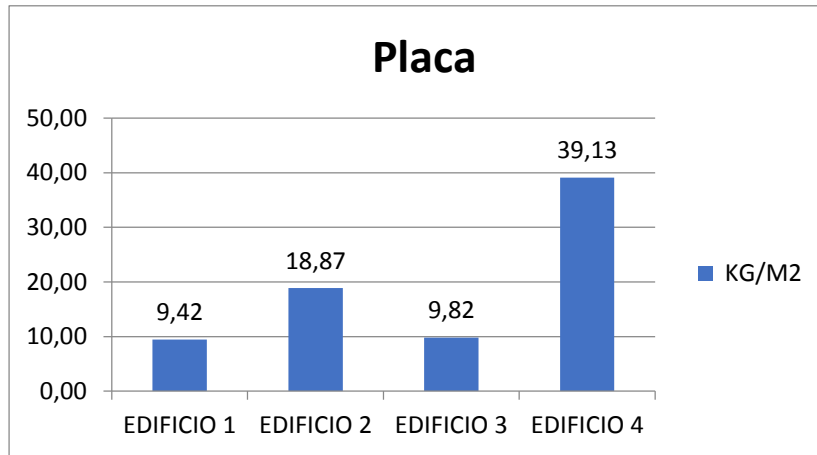
Gráfica 7 Cuantía de concreto (m3/m2) de Pantalla

Fuente: **Autor**



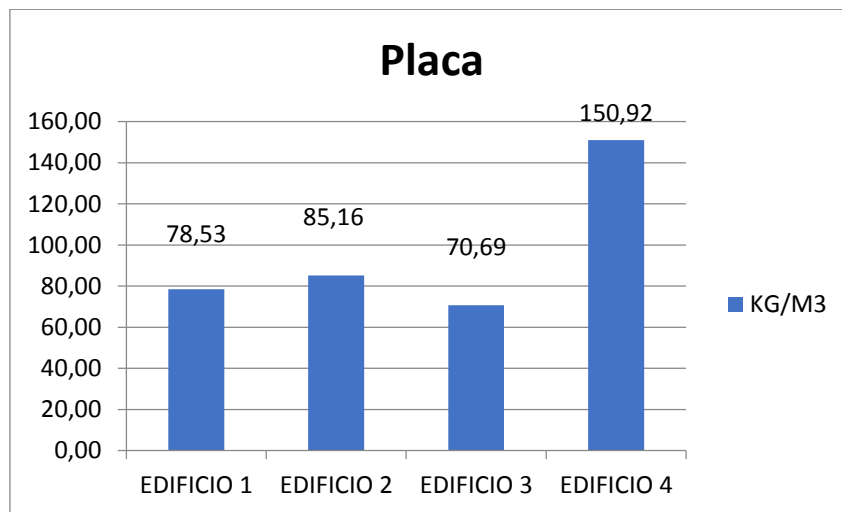
Gráfica 8 Cuantía de acero (kg/m3) de Escaleras

Fuente: **Autor**



Gráfica 9 Cuantía de acero (Kg/m2) de placa

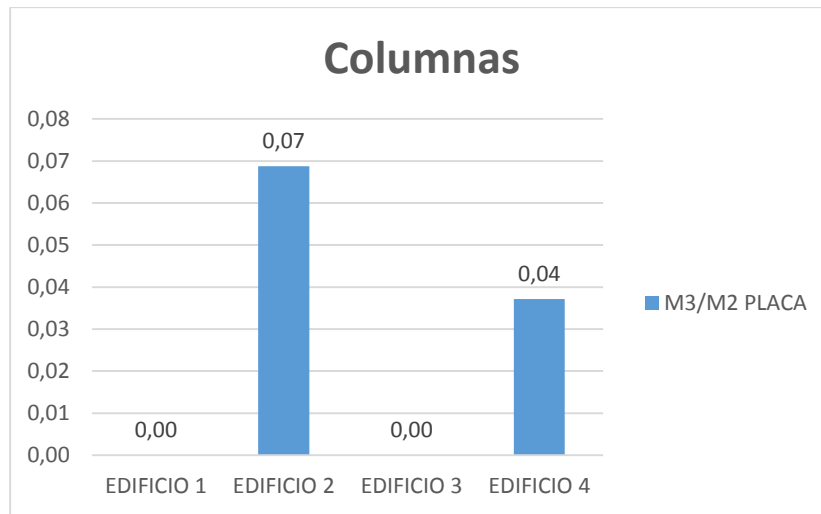
Fuente: Autor



Gráfica 10 Cuantía de acero (kg/m3) de Placa

Fuente: Autor

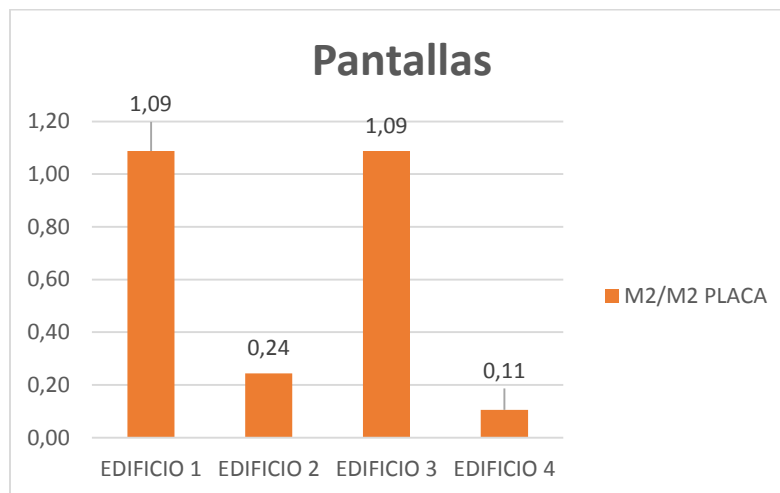
9.2. CUANTÍAS ESTRUCTURALES POR M2 DE CONSTRUCCIÓN



Gráfica 11 Cuantía de m3 de concreto en columnas por m2 de área construida

Fuente: **Autor**

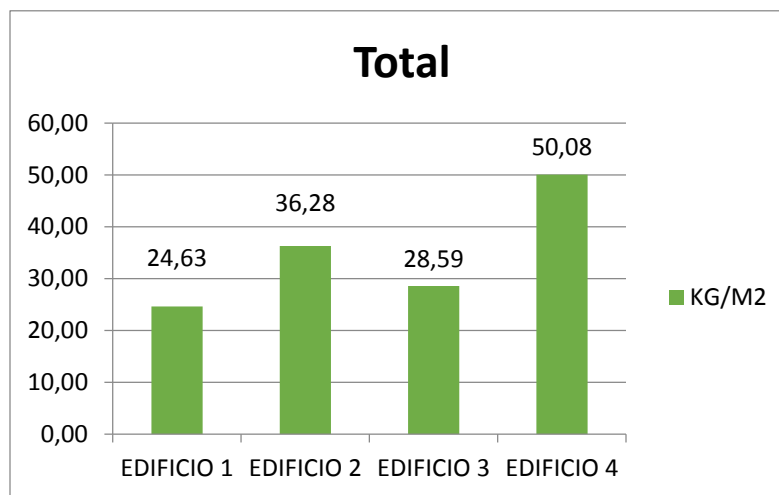
De acuerdo al gráfico anterior se puede ver que la cuantía de concreto por m2 construido para elementos verticales tiene una variación considerable de 85,11%, para el edificio de menor altura de sistema tipo pórtico frente al de mayor altura del mismo sistema estructural.



Gráfica 12 Cuantía de m2 de pantalla por m2 de área construida

Fuente: **Autor**

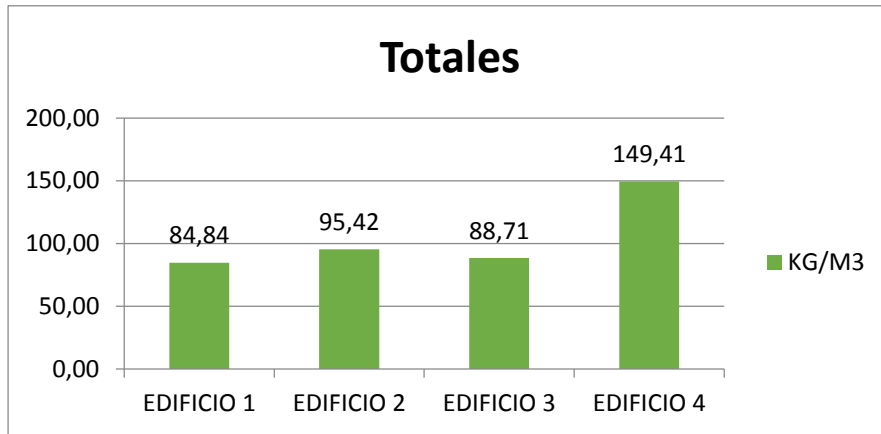
De acuerdo con la gráfica anterior se puede observar que la cantidad de m² de pantalla por m² de área construida permanece constante para estructuras tipo túnel, y para edificaciones con sistema estructural tipo pórtico varía 118.18%. Para las edificaciones con diferente sistema estructural pero similar altura la variación es de 346.05% en las edificaciones con menor altura y 891,1% para edificaciones con mayor altura, se observa mayor cantidad de pantallas en las edificaciones tipo túnel debido a que en este sistema se emplea como elemento principal muros de pared delgada (pantallas) como elementos portantes del sistema resistente ante cargas verticales y laterales y para el sistema tipo pórtico las pantallas son únicamente utilizadas para los fosos de los ascensores pero la estructura es soportada por los elementos estructurales verticales y horizontales (columnas y vigas) respectivamente.



Gráfica 13 Cuantía de acero total por m² de área construida

Fuente: **Autor**

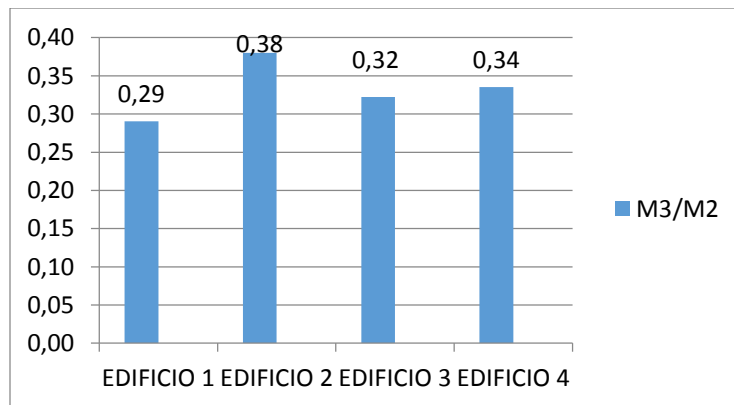
En la gráfica anterior se puede observar que la cuantía de acero por m² de construcción varía de acuerdo al tipo de sistema constructivo, al observar los resultados de cada edificio se encuentra que la cuantía de acero para edificaciones tipo túnel varían entre sí un 16,08% y la cuantía de acero para edificaciones tipo pórtico varían entre si un 38,04% Por el contrario se observa una variación significativa en las cuantías en la edificación con diferente sistema estructural y altura similar, de tal manera que las edificaciones con menor altura y diferente sistema estructural tienen una variación de 47,33% y en las edificaciones de mayor altura y diferente sistema estructural la variación es de 75,20%



Gráfica 14 Cuantía de acero por m3 de concreto

Fuente: **Autor**

En la gráfica anterior se puede ver la cuantía de acero por m3 de concreto total para estructura encontrado una similitud en las cuantías para las edificaciones construidas bajo el mismo sistema estructural independientemente del número de niveles, por lo que las edificaciones construidas bajo sistema estructural tipo túnel varían 4,56% y la variación entre las edificaciones construidas bajo el sistema estructural tipo pórtico es de 56,58%. Por el contrario se encuentra que las edificaciones con diferente sistema estructural, pero con alturas similares poseen cuantías con mayor diferencia entre sí, por lo que la variación entre las edificaciones (1,2) que cuentan con menor altura y tienen diferente tipo de sistema constructivo es de 12,47% y la variación entre las edificaciones de mayor altura (3,4) y que cuentan con diferente sistema constructivo es de 76,11%.

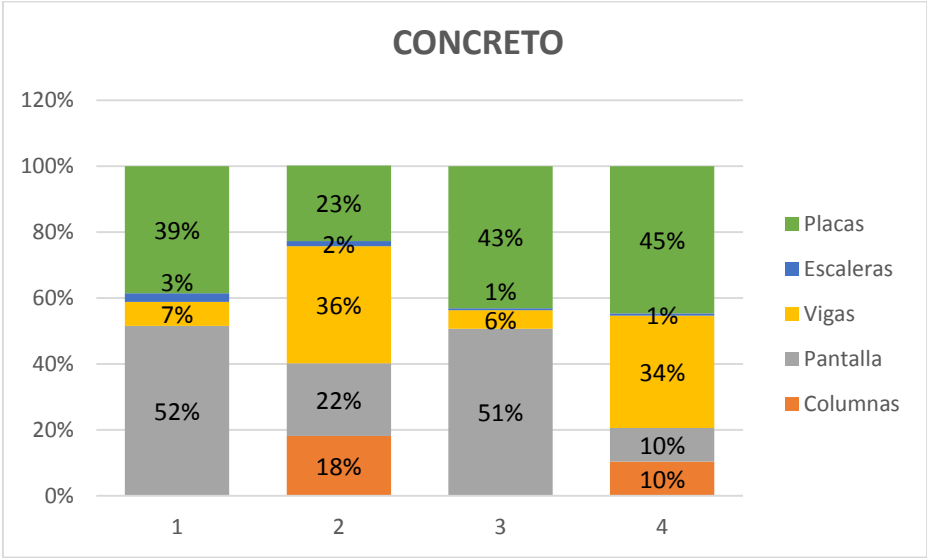


Gráfica 15 Cuantía de m3 concreto por m2 de área construida

Fuente: **Autor**

En el anterior grafico se observa la cuantía de concreto por m2 de construcción, en la cual hay similitud en los valores de las cuantías para cada sistema estructural, siendo la variación de la cuantía para las edificaciones diseñadas bajo

sistema estructural tipo túnel de un 11,02% y la variación de las cuantías para las edificaciones diseñadas bajo sistema estructural tipo pórtico de un 13,43%. Por otra parte, las edificaciones con número de niveles inferiores a 10 pisos y con diferente sistema estructural varían entre sí un 31% y las edificaciones con niveles superiores a 15 pisos y diferentes sistema estructural tiene una variación mínima de 4,02%.

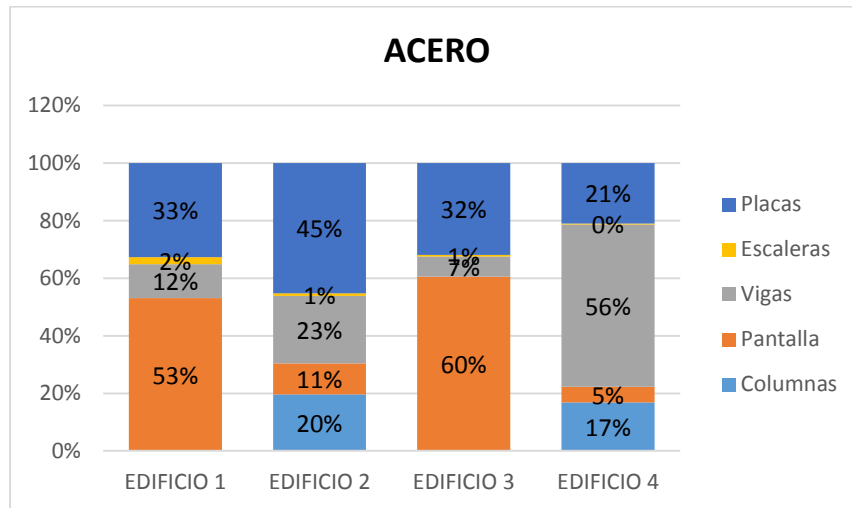


Gráfica 16 Distribución porcentual de elementos estructurales para cada edificación (Concreto)

Fuente: Autor

En el gráfico anterior se observa que la distribución porcentual del concreto para los elementos que conforman la estructura para las edificaciones con sistema estructural tipo túnel es similar independientemente del número de niveles de cada una.

A su vez la distribución porcentual de concreto para las edificaciones con sistema estructural tipo pórtico varían un poco debido a que la edificación número 2 cuenta con un tipo de placa aligerada por lo que el porcentaje en este sentido es menor y además de esto posee otras variaciones las cuales son atribuidas al edificio 4, el cual tiene una configuración estructural irregular. La similitud en la cantidad de concreto utilizado para las escaleras es independiente del tipo de sistema estructural aunque aumenta el porcentaje en la edificación 1 puesto que esta cuenta con una escalera auxiliar.



Gráfica 17 Distribución porcentual de elementos estructurales para cada edificación (Acero)

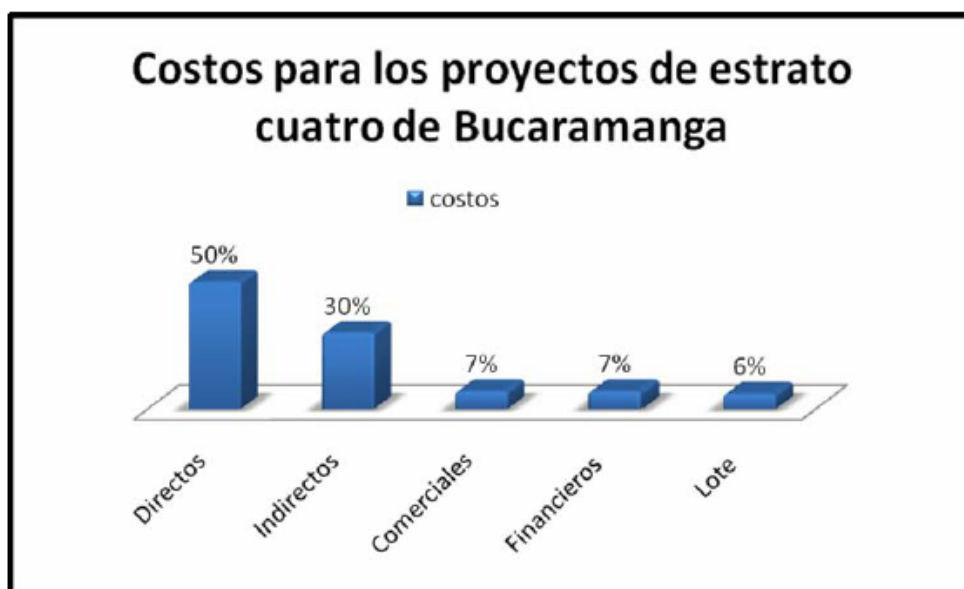
Fuente: **Autor**

En este gráfico se observa que la distribución porcentual de acero para las edificaciones con sistema estructural tipo túnel es similar aunque se nota un aumento en el porcentaje de acero en pantallas para el edificio 3.

Entre las edificaciones con sistema estructural tipo pórtico se observa una gran diferencia en la distribución porcentual debido a que durante el despiece de las vigas en el edificio 4 estas contaban con mayor cantidad de varillas, así como de mayor calibre, esto se puede corroborar con las cuantías expuestas en la *Gráfica 9*, *Gráfica 10* y *Gráfica 11*.

9.3. ANÁLISIS DE COSTOS

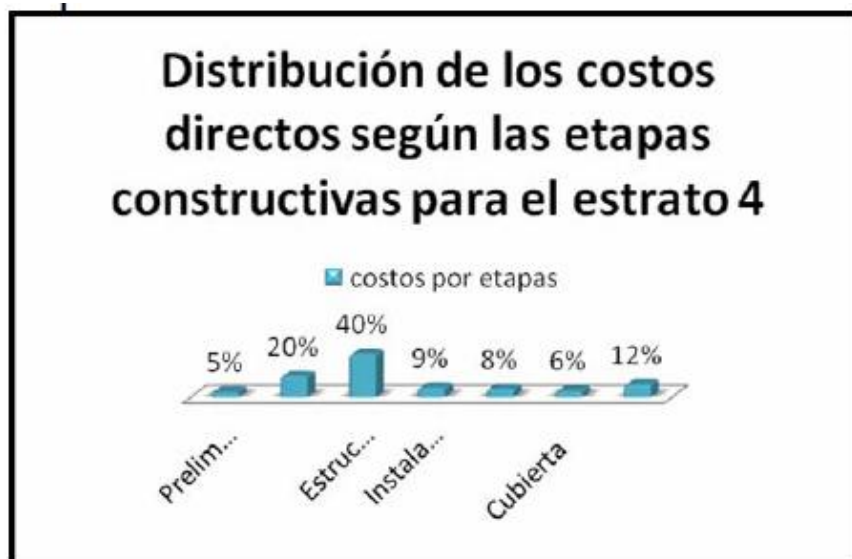
Para realizar el costo total del proyecto, se utilizó una distribución porcentual de los costos de un proyecto según las etapas del proyecto realizado por el Departamento de Estudios económicos de Camacol Regional Santander, el cual los divide de la siguiente manera:



Fuente: Coordinada Urbana–Cálculos Departamento de estudios Económicos
Camacol Regional Santander

Gráfica 18 Costos para los proyectos de estrato cuatro de Bucaramanga

Primero divide el Costo Total del proyecto en Costos Directos, Indirectos, Comerciales, Financieros y Lote, cada uno con un porcentaje equivalente a la fracción que este representa del Costo Total. Para interés de este estudio es de los Costos Directos equivalentes al 50% del Costo Total del proyecto.



Fuente: Coordinada Urbana–Cálculos Departamento de estudios Económicos
Camacol Regional Santander

Gráfica 19 Costos para los proyectos de estrato cuatro de Bucaramanga

Después los Costos Directos los distribuyes en las etapas del proyecto que incumben a este, preliminares, cimentación, estructura, instalaciones hidráulicas y sanitarias, cubierta y acabados, al igual que con la anterior gráfica, le atribuye a cada uno un porcentaje el cual equivale a la fracción que representa este del total de los costos directos, para este estudio, el porcentaje de interés es el equivalente al costo de la estructura el cual es 40% del total de los Costos Directos.

Teniendo en cuenta estos porcentajes y calculando el costo de la estructura por medio de las cantidades de obra y sus APU's correspondientes se obtuvo el costo total de los 4 proyectos de la siguiente manera:

$$\text{Costos Directos} = \frac{\text{Costo de la Estructura}}{0.4}$$

Ecuación 1 Costos directos respecto al costo de la estructura

$$\text{Costo Total} = \frac{\text{Costos Directos}}{0.5}$$

Ecuación 2 Costo total de obra respecto a los costos directo

$$\text{Costo x M2} = \frac{\text{Costo Total}}{\text{M2 totales construidos}}$$

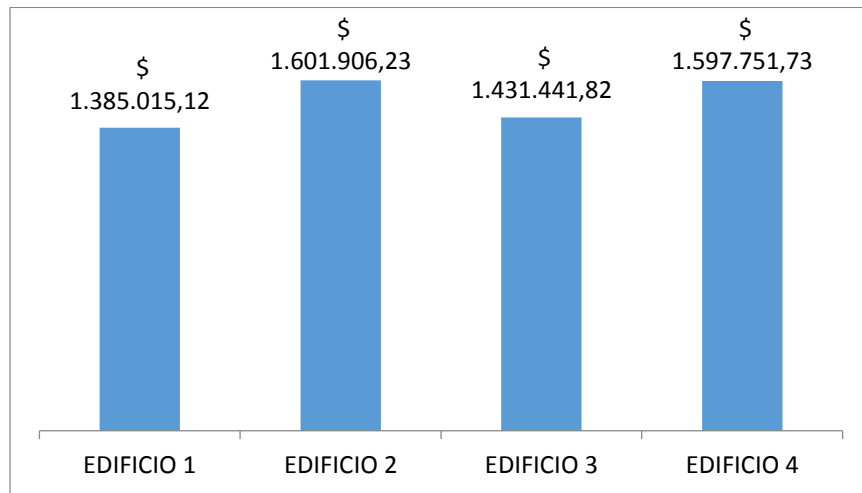
Ecuación 3 Costos por metro cuadrado de construcción respecto al costo total de obra

Se obtuvo:

Tabla 10 Análisis de costos para cada edificación

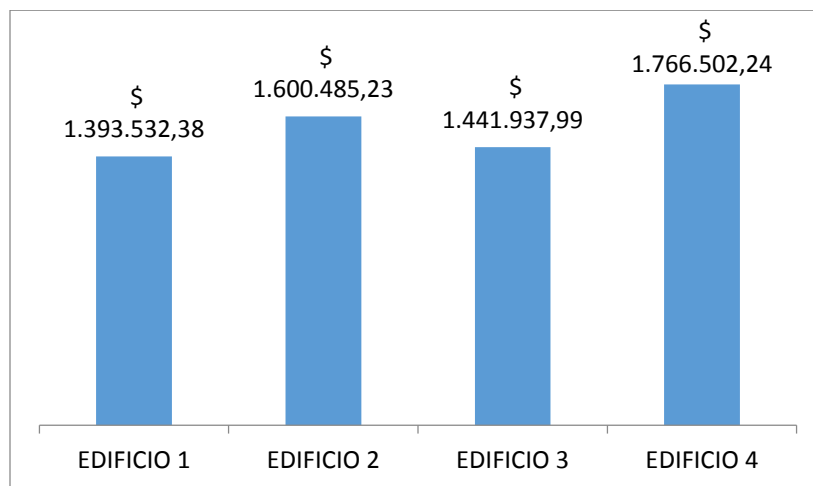
	EDIFICIO 1 (CONSTRUATA)	EDIFICIO 1 (CONSTRUPRECIOS)	EDIFICIO 2 (CONSTRUATA)	EDIFICIO 2 (CONSTRUPRECIOS)	EDIFICIO 3 (CONSTRUATA)	EDIFICIO 3 (CONSTRUPRECIOS)	EDIFICIO 4 (CONSTRUATA)	EDIFICIO 4 (CONSTRUPRECIOS)
Costo de la estructura	\$ 1,111,366,603.09	\$ 1,118,201,042.96	\$ 937,925,711.73	\$ 937,093,707.84	\$ 3,557,075,674.89	\$ 3,583,158,237.85	\$ 4,578,085,647.51	\$ 5,061,611,505.67
Costos directos	\$ 2,778,416,507.72	\$ 2,795,502,607.41	\$ 2,344,814,279.33	\$ 2,342,734,269.59	\$ 8,892,689,187.22	\$ 8,957,895,594.62	\$ 11,445,214,118.78	\$ 12,654,028,764.17
Costo Total	\$ 5,556,833,015.44	\$ 5,591,005,214.82	\$ 4,689,628,558.67	\$ 4,685,468,539.18	\$ 17,785,378,374.43	\$ 17,915,791,189.23	\$ 22,890,428,237.56	\$ 25,308,057,528.33
Costo x M2	\$ 1,385,015.12	\$ 1,393,532.38	\$ 1,601,906.23	\$ 1,600,485.23	\$ 1,431,441.82	\$ 1,441,937.99	\$ 1,597,751.73	\$ 1,766,502.24

Fuente: **Autor**



Gráfica 20 Costo por metro cuadrado de construcción para cada edificación CONSTRUADATA

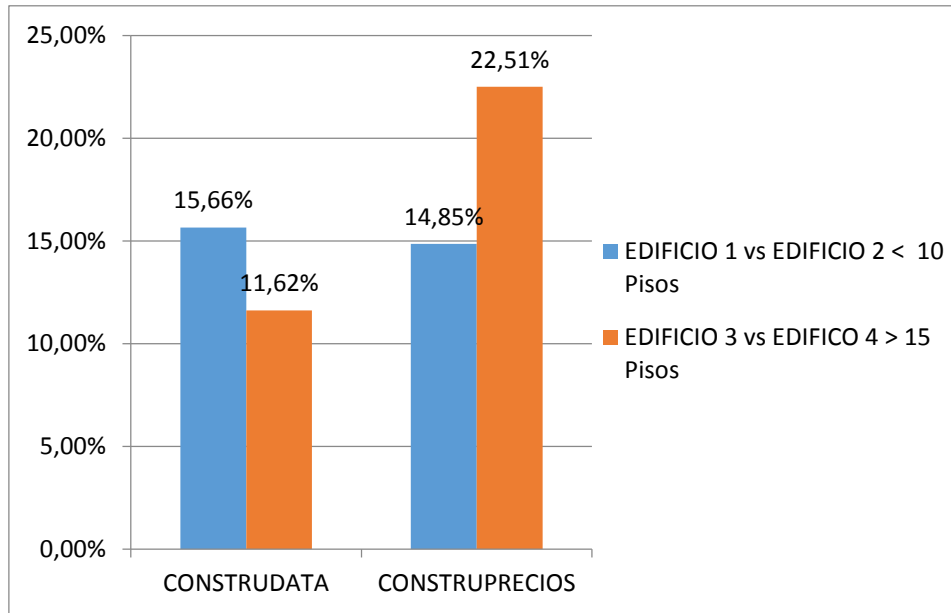
Fuente: **Autor**



Gráfica 21 Costo por metro cuadrado de construcción CONSTRUPRECIO

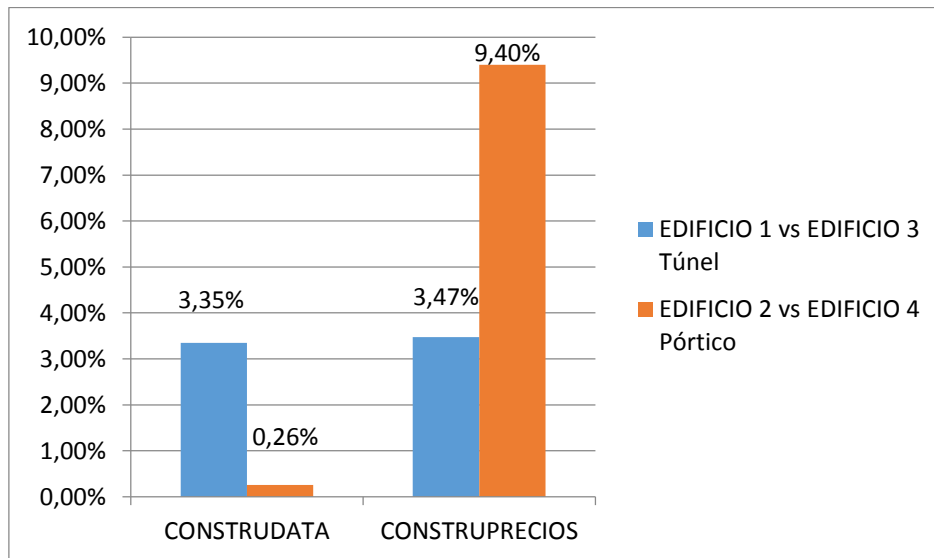
Fuente: **Autor**

Se puede observar que el costo por m2 de los proyectos realizados en sistema tipo pórtico es mayor que el de los sistemas tipo túnel, al tiempo el costo por m2 entre los edificios del mismo sistema estructural es muy similar entre sí.



Gráfica 22 Diferencia entre costos en % entre edificios de altura similar

Fuente: **Autor**



Gráfica 23 Diferencia entre costos en % entre edificios de igual sistema estructural

Fuente: **Autor**

Se puede observar que los edificios de similar sistema constructivo tienen un porcentaje de diferencia entre precio por M2 por debajo del 10% en tres (3) casos incluso inferior al 4%, a diferencia de los edificios de similar altura pero diferente sistema estructural donde esta diferencia es mayor, oscilando entre el 11.26% hasta el 22.51%.

9.4. PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE UN PRESUPUESTO APROXIMADO DE OBRA POR MEDIO DE CUANTÍAS ESTRUCTURALES.

Este proyecto de grado tiene como finalidad brindarle a las pequeñas empresas una herramienta para calcular la inversión necesaria en proyectos de vivienda multifamiliar en el área metropolitana de Bucaramanga reduciendo de alguna manera la incertidumbre sobre los costos del proyecto con datos muy básicos como el área del lote, su índice de construcción y la utilización de las cuantías estructurales.

El modelo planteado para este proyecto se explica a continuación.

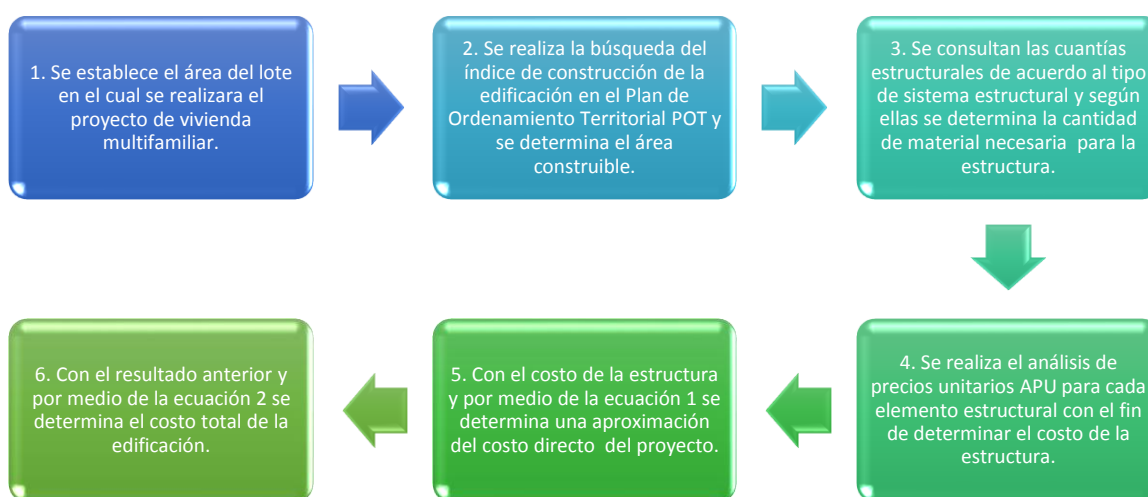


Tabla 11 Cuantías estructurales por M2 de construcción

CUANTIAS POR M2 CONSTRUIDO					
ELEMENTO	CUANTIA	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2	EDIFICIO 3	EDIFICIO 4
Columnas	M3/M2	0.00	0.07	0.00	0.04
Pantallas	M2/M2	1.09	0.24	1.09	0.11
Placa	M3/M2	0.120	0.22	0.14	0.26
Acero	KG/M2	24.63	36.28	28.59	50.08

Fuente: Autor

10. CONCLUSIONES

Al Realizar la comparación de costos por M2 de construcción se pudo determinar que el sistema estructural tipo pórtico es más costoso por M2 que el sistema estructural tipo túnel. Donde para el EDIFICIO 1 (Túnel) el precio por M2 es de \$ 1, 385,015.12 COP mientras para el EDIFICIO 2 es de \$ 1,601,906.23 COP, esto se repite para el EDIFICIO 3 y EDIFICIO 4, \$ 1,431,441.82 COP y \$ 1,597,751.73 COP respectivamente, por lo cual es más viable desde el punto de vista económico la construcción mediante el sistema estructural tipo túnel.

En edificaciones con diferente sistema estructural y con similar altura, se obtuvo una diferencia de costos de 15,66% en edificaciones con menos de 10 pisos siendo mas costosa la edificación con sistema estructural tipo pórtico (Edificación 2) y de 11,62% para edificios con mas de 15 pisos siendo también el mas costosa la edificación diseñada bajo sistema estructural tipo pórtico (edificación 4).

En edificaciones diseñadas con el mismo sistema estructural y que difieren en la cantidad de pisos el costo por m2 es similar, en edificación tipo túnel el porcentaje de diferencia es de un 3,35% en el cual es costo de la edificación de baja altura es menor y el porcentaje de diferencia de costos de las edificaciones diseñadas bajo sistema estructural tipo pórtico es de 0,26% siendo mas costoso la edificación de menor altura, por lo cual al aumentar el número de pisos del edificio que se desee construir el costo por M2 no va a tener una gran variación si este conserva el mismo sistema estructural.

También se observa al realizar la comparación de las cuantías de las edificaciones diseñadas bajo sistema estructural tipo túnel que a pesar de que el edificio 3 tiene más del doble de niveles y altura en comparación al edificio 1, las cuantías de los elementos estructurales variaron muy poco, en las Pantallas la variación es de 0.01%, en M2 de pantallas necesarios por M2 de Placas, para las placas los M3 de concreto necesarios por M2 de placa es una diferencia del 15.73%, también al comparar la cantidad total de Kgs de acero que necesita la estructura por M2 construido, la diferencia es del 4.56%, por último los M3 de concretos totales que necesitan por M2 construido varia un 11.02%

Una situación distinta se observa con los edificios con sistema tipo pórtico, donde para el edificio de menor altura (EDIFICIO 2) las cuantías totales eran muy diferentes al edificio de mayor altura (EDIFICIO 4) para el primero los Kgs totales de acero por M2 construido es de 36.28 Kgs/M2 y para el segundo de 50.08 Kgs/m2, también en las columnas se encontró una variación del 38.79% en los Kgs de acero necesarios por M3 de columna y en las placas una variación de 107.31% de Kgs necesarios por M2 de placa, por lo cual al aumentar la altura de los edificios tipo pórtico las cuantías aumentaron especialmente en el acero.

11.RECOMENDACIONES

Para tomar de referencias las cuantías estructurales determinadas para este proyecto se deben tener en cuenta que: la configuración estructural del edificio 4 diseñado bajo sistema estructural tipo pórtico, es irregular, por lo que sus cuantías difieren de alguna manera si se va a realizar el mismo análisis con un edificio similar, pero con configuración estructural regular, debido a que este diseño estructural castigado en sus cuantías por la NSR 10 debido a su configuración estructural.

Las cuantías halladas en este proyecto fueron obtenidas de un estudio de caso por lo que no son cuantías estándar para todas las edificaciones construidas en la ciudad de Bucaramanga y están sujetas a características técnicas específicas. Este estudio se realizó para edificaciones de vivienda multifamiliar diseñada bajo la Norma Sismo Resistente NSR-10, con sistema estructural tipo túnel y tradicional que tienen un intervalo de altura entre los 8 y 20 pisos, por lo cual cuantías calculadas en esta investigación deben ser utilizadas en proyectos con características similares a las mencionadas. Por otra parte es importante tener en cuenta que las cuantías obtenidas no incluyen cimentación.

Para el presente proyecto se debe tener en cuenta que los valores obtenidos por medio del estudio realizado por la Cámara Colombiana de Construcción (Camacol) sobre la distribución de costos en los proyectos de construcción pueden fluctuar ya que en ese trabajo no se discrimina el tipo de sistema estructural utilizado en el proyecto y puede ser un factor determinante en la distribución de costos. por lo que es aconsejable en próximos análisis ampliar las investigaciones en este tema.

Los costos de la estructura presentan incertidumbre debido a que de acuerdo a la fuente utilizada para realizar los análisis de precios unitarios (APUs) los costos tenían una variación significativa en cuanto a la estructura variando así el costo total aproximado de la edificación.

12. BIBLIOGRAFIA

- Andrés Latorre Cañon, J. C. (Mayo de 2008). LA INDUSTRIA DEL CEMENTO EN COLOMBIA DETERMINANTES Y COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA. Bogota, Colombia.
- College, M.-H. (1992). Reinforced Concrete Preliminary Design for Architects and Builders.
- CONSTRUDATA. (5 de julio de 2013). *CONSTRUDATA*. Obtenido de http://www.construdata.com/Bc/Otros/Archivos/como_se_construye_en_colombia.asp
- JAIMES, Y. I. (2011). ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN PARA UN PROYECTO DE VIVIENDA PERTENECIENTE A LOS ESTRATOS TRES(3) Y CUATRO (4) DE BUCARAMANGA Y EL MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA. BUCARAMANGA, COLOMBIA.
- McCormac, R. H.-J. (2011). *Diseño de Concreto Reforzado* (Octava Edición con el Código ACI 318-08 ed.). México, México: Alfaomega grupo editor S.A, de C.V México.
- Otero, L. C. (2010). *GESTIÓN DE PROYECTOS. Elementos básicos como punto de partida en su proyecto*. Ediciones de la U.
- Plata, J. M. (2015). PRACTICA EMPRESARIAL: ANÁLISIS DE CALCULO DE CANTIDADES Y PRESUPUESTOS DE DESARROLLADO EN LOS DIFERENTES PROYECTOS QUE ADELANTA LA EMPRESA FENIX CONSTRUCCIONES S.A. BUCARAMANGA, SANTANDER, COLOMBIA.
- Quintero, I. D. (10 de Agosto de 2015). Comparación de Cuantías de Materiales de Construcción Para Estructuras Aporticadas y de Sistemas Combinado en Concreto Convencional vs Concreto Liviano de acuerdo con lo Indicado en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Bogotá.
- Serrano, L. E.-J. (2005). COMPARACIÓN DE COSTOS DE ESTRUCTURA ENTRE LOS SISTEMAS TUNEL Y TRADICIONAL EN ZONAS DE ALTO RIESGO SISMICO. Bucaramanga, Colombia.
- Vélez, G. A. (2014). *PROYECTOS, identificación, formulación, evaluación y gerencia*. Alfaomega.

13. ANEXOS

PLACA TIPO

CODIGO	DETALLE	LOCALIZACIÓN				CASETON				ÁREA SUPERFICIAL	VOLUMEN
		SOBRE		ENTRE		Cantidad	Dimensiones		ALTURA		
		EJE	EJE	EJE	EJE		Base	Ancho			
PISO TIPO	PLACA MACISA	A	F	1	4	20	14.51	7.1	0.12	103.021	12.36252
PISO TIPO	PLACA MACISA EN VACIO	C	D	1	5	20	-7.1	1.8	0.12	-12.78	-1.5336
PISO TIPO	PLACA MACISA EN VACIO	A	B	1	2	20	-1.4	3.23	0.12	-4.522	-0.54264
PISO TIPO	PLACA MACISA EN VACIO	E	F	1	2	20	-1.4	3.23	0.12	-4.522	-0.54264
PISO TIPO	PLACA MACISA	A	F	4	6	20	9.6	13.61	0.16	130.656	20.90496
PISO TIPO	PLACA MACISA EN VACIO	C	D	4	5	20	-2.85	1.8	0.16	-5.13	-0.8208
PISO TIPO	PLACA MACISA	C	D	6	12	20	16.3	1.95	0.16	31.785	5.0856
PISO TIPO	PLACA MACISA	A	C	6	12	20	16.3	6.28	0.12	102.364	12.28368
PISO TIPO	PLACA MACISA EN VACIO	B	C	7	8	20	-1.87	1.8	0.12	-3.366	-0.40392
PISO TIPO	PLACA MACISA EN VACIO	B	C	8	9	20	-1.87	1.8	0.12	-3.366	-0.40392
PISO TIPO	PLACA MACISA EN VACIO	A	B	7	8	20	-1	2.85	0.12	-2.85	-0.342
PISO TIPO	PLACA MACISA EN VACIO	A	B	9	10	20	-3	2.4	0.12	-7.2	-0.864
PISO TIPO	PLACA MACISA EN VACIO	A	B	10	11	20	-2.85	0.95	0.12	-2.7075	-0.3249
PISO TIPO	PLACA MACISA	D	F	6	12	20	16.3	6.28	0.12	102.364	12.28368
PISO TIPO	PLACA MACISA EN VACIO	D	E	7	8	20	-1.87	1.8	0.12	-3.366	-0.40392
PISO TIPO	PLACA MACISA EN VACIO	D	E	8	9	20	-1.87	1.8	0.12	-3.366	-0.40392
PISO TIPO	PLACA MACISA EN VACIO	E	F	7	8	20	-1	2.85	0.12	-2.85	-0.342
PISO TIPO	PLACA MACISA EN VACIO	E	F	9	10	20	-3	2.4	0.12	-7.2	-0.864
PISO TIPO	PLACA MACISA EN VACIO	E	F	10	11	20	-2.85	0.95	0.12	-2.7075	-0.3249
PISO TIPO	PLACA MACISA	A	F	12	14	20	9.6	13.61	0.16	130.656	20.90496
PISO TIPO	PLACA MACISA EN VACIO	C	D	13	14	20	2.85	1.8	0.16	5.13	0.8208
PISO TIPO	PLACA MACISA	A	F	14	17	20	7.1	14.51	0.12	103.021	12.36252
PISO TIPO	PLACA MACISA EN VACIO	D	C	14	17	20	-7.1	1.8	0.12	-12.78	-1.5336
PISO TIPO	PLACA MACISA EN VACIO	A	B	16	17	20	-1.4	3.23	0.12	-4.522	-0.54264
PISO TIPO	PLACA MACISA EN VACIO	E	F	16	17	20	-1.4	3.23	0.12	-4.522	-0.54264
TOTAL CONCRETO PLACA TIPO										621.24	86.27268
TOTAL CONCRETO . PISOS										12424.8	1725.4536

Anexo 1 Concreto de Placas EDIFICO 3

GEOMETRIA DE LAS MALLA SUPERIOR											
REFUERZO	SENTIDO 1		SENTIDO 2				LONGITUD (m)			PESO UNITARIO	
	Diametro (mm)	Separacion (m)	Diametro (mm)	Separacion (m)	L1	L2	SENTIDO2	SENTIDO1	CANTIDAD	SENTIDO 2	SENTIDO 1
MALLA S1	4	0.15	4	0.25	1.2	3.4	20.4	28.8	14	0.120	0.120
MALLA S2	5	0.15	4	0.25	2	3.4	8.8	48	14	0.120	0.154
MALLA I3	5	0.15	4	0.25	2	2.05	6.1	30	3	0.120	0.154
MALLA I4	7	0.15	5	0.25	2.35	3.3	8.752	54.05	16	0.154	0.302
MALLA I5	6	0.1	4	0.25	2.35	4.8	12.79	115.15	4	0.120	0.222
MALLA I6	7	0.15	5	0.25	2.35	2.5	7.2	42.3	1	0.154	0.302
MALLA I7	5	0.15	4	0.25	2	6	14	82	4	0.120	0.154
MALLA I8	5	0.15	4	0.25	1.2	2.45	5.12	21.6	4	0.120	0.154
MALLA I9	5	0.15	4	0.25	1.2	3.55	6.88	30	12	0.120	0.154
MALLA I10	6.5	0.15	5	0.25	2.35	3.85	9.819	63.45	6	0.154	0.260
MALLA I11	4	0.15	5	0.25	1.2	5	8.6	42	8	0.154	0.120
TOTAL ACERO ACERO MALLA DE PLACA REFUERZO SUPERIOR											
TOTAL ACERO MALLA REFUERZO SUPERIOR TODAS LAS PLACAS											

Anexo 2 Acero de Placas Superior EDIFICIO 3

REFUERZO	GEOMETRIA DE LAS MALLAS INFERIORES							
	Diametro (mm)	Separación(m)	L1	L2	LONGITUD (m)	CANTIDAD	PESO UNITARIOS	PESO TOTAL
MALLA I1	6	0.1	1.8	5.75	214.55	12	0.222	571.5612
MALLA I2	7	0.1	2.35	5.25	254.35	16	0.302	1229.0192
MALLA I3	7	0.1	1.7	5.25	185.45	8	0.302	448.0472
MALLA I4	7	0.1	2.35	6	290.35	5	0.302	438.4285
MALLA I5	6	0.1	3.3	2.35	160.75	12	0.222	428.238
MALLA I6	6	0.1	3.3	1.15	80.35	4	0.222	71.3508
MALLA I7	7	0.1	2.35	1.15	57.55	1	0.302	17.3801
MALLA I8	6	0.1	2.35	3.05	148.75	16	0.222	528.36
MALLA I9	6	0.1	3.4	1.65	117.25	2	0.222	52.059
MALLA I10	6	0.1	1.1	1.75	41.35	2	0.222	18.3594
MALLA I11	6	0.1	1.15	2.75	67.15	2	0.222	29.8146
MALLA I12	6	0.1	2.1	5.15	223.55	0	0.222	0
MALLA I13	6	0.1	2.3	1.7	82.2	0	0.222	0
TOTAL ACERO MALLA DE PLACA TIPO REFUERZO INFERIOR								3,832.62
TOTAL ACERO MALLA DE PLACA REFUERZO INFERIOR TODAS LAS PLACAS								76,652.36

Anexo 3 Acero de Placas Inferior EDIFICIO 3

CONCRETO										
CODIGO	NIVEL	CANTIDAD DE PANTALLAS	SECCIÓN RECTA			ALTURA (m)	AREA PANTALLA(M2)	VOLUMEN POR PANTALLA (m³)	VOLUMEN TOTAL	
			BASE (m)	ANCHO (m)	AREA					
A.1/F.1	P1-P20	2	2.65	0.15	0.3975	51.5	272.95	20.47125	40.9425	
B.1/B.2/B.3/B.4/B.5/B.6/E.1/E.2/E.3/E.5/E,6	P1-P20	12	2.05	0.15	0.3075	51.5	1266.9	15.83625	190.035	
B.7/B.11/E.7/E.11	P1-P20	4	2.45	0.15	0.3675	51.5	504.7	18.92625	75.705	
B.8/B.10/E.8/E.10	P1-P20	4	3.85	0.15	0.5775	51.5	793.1	29.74125	118.965	
B.9/E.9	P1-P20	2	4.05	0.15	0.6075	51.5	417.15	31.28625	62.5725	
C.1/C.8/D.1/D.8	P1-P20	4	3.6	0.15	0.54	51.5	741.6	27.81	111.24	
C.2/C.3/C.6/C.7/D.2/D.3/D.6/D.7	P1-P20	8	3.1	0.15	0.465	51.5	1277.2	23.9475	191.58	
C.4/D.4	P1-P20	2	1.6	0.15	0.24	51.5	164.8	12.36	24.72	
C.5/D.5	P1-P20	2	3	0.15	0.45	51.5	309	23.175	46.35	
1.1/1.2/17.1/17.2	P1-P20	4	3.35	0.3	1.005	51.5	690.1	51.7575	207.03	
2.1/2.2/16.1/16.2	P1-P20	4	3.45	0.15	0.5175	51.5	710.7	26.65125	106.605	
3.1/3.2/15.1/15.2	P1-P20	4	3.3	0.15	0.495	51.5	679.8	25.4925	101.97	
4.1/4.4/14.1/14.4/6.1/6.4/12.1/12.4	P1-P20	8	3.15	0.15	0.4725	51.5	1297.8	24.33375	194.67	
4.2/4.3/6.2/6.3/12.2/12.3/14.2/14.3	P1-P20	8	2.1	0.15	0.315	51.5	865.2	16.2225	129.78	
5.1/5.2/13.1/13.2	P1-P20	4	4.05	0.15	0.6075	51.5	834.3	31.28625	125.145	
7.1/7.4/11.1/11.4	P1-P20	4	3.6	0.15	0.54	51.5	741.6	27.81	111.24	
7.2/7.3/11.2/11.3	P1-P20	4	1.3	0.15	0.195	51.5	267.8	10.0425	40.17	
7.5/7.6/8.2/8.3/9.2/9.3	P1-P20	6	1.95	0.15	0.2925	51.5	602.55	15.06375	90.3825	
8.1/8.4	P1-P20	2	4.15	0.15	0.6225	51.5	427.45	32.05875	64.1175	
9.1/9.4	P1-P20	2	3	0.15	0.45	51.5	309	23.175	46.35	
10.1/10.2	P1-P20	2	3.25	0.15	0.4875	51.5	334.75	25.10625	50.2125	
AREA SUPERFICIAL DE PANTALLAS							13508.45			
AREA SUPERFICIAL DE PANTALLAS SIN ASCENSOR							12818.35			
CANTIDAD TOTAL DE CONCRETO								2129.7825		

Anexo 4 Concreto de Pantallas EDIFICIO 3

PANTALLAS	MALLA ELECTROSOLDADA (kg)	BARRA CORRUGADA (kg)
A.1, F.1	3635.55	1535.18
B1 A B6 y E1 A E6	15167.00	9114.32
B.7 B.11 E.7 E.11	6795.35	3062.30
B.8 B.10 E.8 E.10	10274.71	3134.87
B.9 E.9	5449.74	1571.47
C.1 C.8 D.1 D.8	9717.26	3118.75
C.2 C.3 C.6 C.7 D.2 D.3 D.6 D.7	16608.64	6189.11
C.4 D.4	1936.72	1506.96
C.5 D.5	4070.47	1543.24
1.1 1.2 17.1 17.2	7992.64	1664.20
2.1 2.2 16.1 16.2	9659.22	1656.14
3.1 3.2 15.1 15.2	8929.10	3102.62
4.1 4.4 14.1 14.4 6.1 6.4 12.1	17858.20	3280.03
4.2 4.3 6.2 6.3 12.2 12.3 14.2	11062.86	3167.13
5.1 5.2 13.1 13.2	11293.56	1688.40
7.1 7.4 11.1 11.4	9717.26	3118.75
7.2 7.3 11.2 11.3	3479.36	1543.24
7.5 7.6 8.2 8.4 9.2 9.3	8297.14	2375.35
8.1 8.4	5728.47	116.93
9.1 9.4	4267.51	815.97
10.1 10.2	4349.20	1551.31

Anexo 5 Acero de Pantallas EDIFICIO 3

CONCRETO									
SECCIÓN RECTA									
CODIGO	NIVEL	CANTIDAD	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	AREA DE LA PLACA (m ²)	ESPESOR (m)	SUPERFICIE FORMALETA	VOLUMEN (m ³)	VOLUMEN TOTAL
ESC1-ESC1	P1-P20	19	0.8	1.175	0.125	0.125	1.14	0.015625	0.296875
ESC1-ESC1	P1-P20	19	2.4	1.1	2.64	0.125	3.24	0.33	6.27
ESC2-ESC2	P1-P20	19	1.1	1.175	1.2925	0.125	1.5675	0.1615625	3.0696875
ESC2-ESC2	P1-P20	19	2.06	1.1	2.266	0.125	2.781	0.28325	5.38175
PASOS									
CODIGO	NIVEL	CANTIDAD	HUELLA (m)	CONTRAH UELLA (m)	AREA LATERAL (m ²)	ANCHO (m)	SUPERFICIE FORMALETA	VOLUMEN (m ³)	VOLUMEN TOTAL
ESC1-ESC1	P1-P20	133	0.3	0.18	0.027	1.1	0.252	0.0297	3.9501
ESC2-ESC2	P1-P20	114	0.3	0.18	0.054	1.1	1.056	0.0594	6.7716
					0		0	0	0
					0		0	0	0
CANTIDAD TOTAL DE CONCRETO								25.740013	

Anexo 6 Concreto de Escaleras EDIFICIO 3

CONCRETO											
CODIGO	NIVEL	CANTIDAD DE VIGAS	CANTIDAD DE PISOS	LONGITUD (m)	SECCIÓN RECTA			SUPERFICIE EN PLANTA	SUPERFICIE FORMALETA (m ²)	VOLUMEN (m ³)	
					BASE (m)	ALTURA (m)	ÁREA (m ²)				
VIGA LOZA .3X.12	TODOS C1	4	20	3.3	0.3	0.12	0.036	0.99	1.782	9.504	
VIGA LOZA .3X.12	TODOS B7	4	20	2.6	0.3	0.12	0.036	0.78	1.404	7.488	
VIGA LOZA .3X.12	TODOS	4	20	7.1	0.3	0.12	0.036	2.13	3.834	20.448	
VIGA LOZA .3X.12	TODOS	8	20	2.2	0.3	0.12	0.036	0.66	1.188	12.672	
VIGA LOZA .3X.12	TODOS	4	20	5.8	0.3	0.12	0.036	1.74	3.132	16.704	
VIGA LOZA .3X.12	TODOS	4	20	9.5	0.3	0.12	0.036	2.85	5.13	27.36	
VIGA LOZA .3X.16	TODOS	4	20	3.9	0.3	0.12	0.036	1.17	2.106	11.232	
VIGA LOZA .3X.16	TODOS	4	20	4	0.3	0.12	0.036	1.2	2.16	11.52	
VIGA LOZA .3X.16	TODOS	4	20	3.2	0.3	0.12	0.036	0.96	1.728	9.216	
VIGA LOZA .3X.16	TODOS	4	20	9.7	0.3	0.12	0.036	2.91	5.238	27.936	
VIGA LOZA .3X.16	TODOS	2	20	2.2	0.3	0.12	0.036	0.66	1.188	3.168	
VIGA LOZA .3X.16	TODOS	1	20	12.5	0.3	0.12	0.036	3.75	6.75	9	
VIGA LOZA .3X.16	TODOS	1	20	14.5	0.3	0.12	0.036	4.35	7.83	10.44	
VIGA LOZA .3X.12	TODOS	4	20	3	0.3	0.12	0.036	0.9	1.62	8.64	
VIGA LOZA .3X.12	TODOS	4	20	2.8	0.3	0.12	0.036	0.84	1.512	8.064	
VIGA LOZA 3X,12	TODOS	2	20	10.1	0.3	0.12	0.036	3.03	5.454	14.544	
VIGA LOZA 3X,12	TODOS	2	20	4.3	0.3	0.12	0.036	1.29	2.322	6.192	
VIGA LOZA 3X,12	TODOS	4	20	2.8	0.3	0.12	0.036	0.84	1.512	8.064	
				LONGITUD TOTAL VML	6172	SUPERFICIE TOTAL VML			1851.6		
									CANTIDAD TOTAL DE CONCRETO 20 PISOS		222.192

Anexo 7 Concreto Vigas Muro Loza EDIFICIO 3

ACERO										
CODIGO	DETALLE	CANTIDAD (und)	PISOS (und)	DIAMETRO (pulg)	LONGITUD UNITARIA (m)	PESO UNITARIO (kg)	LONGITUD TOTAL (m)	PESO TOTAL (kg)	PESOS DEL ACERO	
									Ø	Kg/m
ESC1-ESC1	Varilla	8	19	3/8	3.85	0.56	585.2	327.71	Ø	Kg/m
ESC1-ESC1	Varilla	8	19	3/8	3.45	0.56	524.4	293.66	0	0
ESC1-ESC1	Estribo	9	19	3/8	1.5	0.56	256.5	143.64	1/4	0.25
ESC1-ESC1	Estribo	24	19	3/8	1.3	0.56	592.8	331.97	3/8	0.56
ESC2-ESC2	Varilla	8	19	3/8	3.05	0.56	463.6	259.62	1/2	0.994
ESC2-ESC2	Varilla	8	19	3/8	3.08	0.56	468.16	262.17	5/8	1.552
ESC2-ESC2	Estribo	8	19	3/8	1.65	0.56	250.8	140.45	3/4	2.235
ESC2-ESC2	Estribo	22	19	3/8	1.3	0.56	543.4	304.30	7/8	3.042
								CANTIDAD TOTAL DE ACERO ESCALERAS		2063.52

Anexo 8 Acero de Escaleras EDIFICIO 3

CODIGO	DETALLE	CANTIDAD (und)	CANTIDAD DE VIGAS (und)	DIAMETRO (plg)	LONGITUD UNITARIA (m)	PESO UNITARIO (kg)	LONGITUD TOTAL (m)	PESO TOTAL (kg)
VIGA LOZA (.30X.12)	Varillas	3	4	0.38	3.5	0.56	42	23.52
VIGA LOZA (.30X.12)	Estribos	18	4	0.38	0.77	0.56	55.44	31.0464
VIGA LOZA (.30X.12)	Varillas	3	8	0.38	3.3	0.56	79.2	44.352
VIGA LOZA (.30X.12)	Estribos	17	8	0.38	0.77	0.56	104.72	58.6432
VIGA LOZA (.30X.12)	Varillas	3	4	0.38	5.8	0.56	69.6	38.976
VIGA LOZA (.30X.12)	Estribos	29	4	0.38	0.77	0.56	89.32	50.0192
VIGA LOZA (.30X.12)	Varillas	3	4	0.38	2.5	0.56	30	16.8
VIGA LOZA (.30X.12)	Estribos	13	4	0.38	0.77	0.56	40.04	22.4224
VIGA LOZA (.30X.12) 7,4	Varillas	3	4	0.38	4	0.56	48	26.88
VIGA LOZA (.30X.12) 7,4	Varillas	3	4	0.38	3.9	0.56	46.8	26.208
VIGA LOZA (.30X.12) 7,4	Estribos	37	4	0.38	0.77	0.56	113.96	63.8176
VIGA LOZA (.30X.16) 9,8	Varillas	3	4	0.38	5.3	0.56	63.6	35.616
VIGA LOZA (.30X.16) 9,8	Varillas	3	4	0.38	5	0.56	60	33.6
VIGA LOZA (.30X.16) 9,8	Estribos	49	4	0.38	0.77	0.56	150.92	84.5152
VIGA LOZA (.30X.16)	Varillas	3	4	0.38	3.25	0.56	39	21.84
VIGA LOZA (.30X.16)	Estribos	17	4	0.38	0.77	0.56	52.36	29.3216
VIGA LOZA (.30X.16)	Varillas	3	4	0.38	4.8	0.56	57.6	32.256
VIGA LOZA (.30X.16)	Estribos	24	4	0.38	0.77	0.56	73.92	41.3952
VIGA LOZA (.30X.16)	Varillas	3	8	0.38	3.8	0.56	91.2	51.072
VIGA LOZA (.30X.16)	Estribos	19	8	0.38	0.77	0.56	117.04	65.5424
VIGA LOZA (.30X.16)	Varillas	3	4	0.38	4.3	0.56	51.6	28.896
VIGA LOZA (.30X.16)	Estribos	22	4	0.38	0.77	0.56	67.76	37.9456
VIGA LOZA (.30X.16)	Varillas	3	4	0.38	3.1	0.56	37.2	20.832
VIGA LOZA (.30X.16)	Estribos	16	4	0.38	0.77	0.56	49.28	27.5968
VIGA LOZA (.30X.12)	Varillas	3	12	0.38	2.9	0.56	104.4	58.464
VIGA LOZA (.30X.12)	Estribos	15	12	0.38	0.77	0.56	138.6	77.616
VIGA LOZA (.30X.16) 10,	Varillas	3	2	0.38	5.7	0.56	34.2	19.152
VIGA LOZA (.30X.16) 10,	Estribos	3	2	0.38	5.5	0.56	33	18.48
VIGA LOZA (.30X.16) 10,	estribos	54	2	0.38	0.77	0.56	83.16	46.5696
VIGA LOZA (.30X.12)	Estribos	3	2	0.38	4.3	0.56	25.8	14.448
VIGA LOZA (.30X.12)	Varillas	22	2	0.38	0.77	0.56	33.88	18.9728
VIGA LOZA (.30X.16) 12,	Varillas	9	1	0.38	4.5	0.56	40.5	22.68
VIGA LOZA (.30X.16) 12,	Estribos	63	1	0.38	0.77	0.56	48.51	27.1656
VIGA LOZA (.30X.16) 8,4	Varillas	3	1	0.38	4.4	0.56	13.2	7.392
VIGA LOZA (.30X.16) 8,4	Varillas	3	1	0.38	4.5	0.56	13.5	7.56
VIGA LOZA (.30X.16) 8,4	Varillas	42	1	0.38	0.77	0.56	32.34	18.1104
VIGA LOZA (.30X.16) 14,	Varillas	3	2	0.38	4.3	0.56	25.8	14.448
VIGA LOZA (.30X.16) 14,	Varillas	3	2	0.38	6	0.56	36	20.16
VIGA LOZA (.30X.16) 14,	Estribos	72	2	0.38	0.77	0.56	110.88	62.0928
						0	0	0
						0	0	0
						0	0	0
CANTIDAD TOTAL DE ACERO PISO TIPO							1346.42	
CANTIDAD TOTAL D E ACERO 20 PISOS							26928.496	

Anexo 9 Acero Vigas Muro Loza EDIFICIO 3

EDIFICIO	COLUMNAS				
	CUANTIA DE ACERO			CUANTIA CONCRETO	
	KG/ml	KG/M2	KG/M3	M3/M2 PLACA	M3/M2 COLUMNA
EDIFICIO 1	0	0	0	0.00	0.00
EDIFICIO 2	46.23	20.77	158.21	0.07	0.13
EDIFICIO 3	0	0	0	0.00	0.00
EDIFICIO 4	69.60	29.28	219.58	0.04	0.13

Anexo 10 Cuantías para Columnas por Proyecto

EDIFICIO	PANTALLAS			
	CUANTIA DE ACERO		CUANTIA CONCRETO	
	KG/M2	KG/M3	M2/M2 PLACA	M3/M2 PANTALLA
EDIFICIO 1	13.37	90.59	1.09	0.15
EDIFICIO 2	24.67	71.73	0.24	0.34
EDIFICIO 3	17.11	113.84	1.09	0.15
EDIFICIO 4	24.67	71.73	0.11	0.34

Anexo 11 Cuantías para Pantallas por Proyecto

EDIFICIO	ESCALERAS
	KG/M3
EDIFICIO 1	84.52
EDIFICIO 2	86.30
EDIFICIO 3	80.17
EDIFICIO 4	79.55

Anexo 12 Cuantía para Escaleras por Proyecto

EDIFICIO	PLACA		
	CUANTIA DE ACERO		CUANTÍA CONCRETO
	KG/M2	KG/M3	M3/M2
EDIFICIO 1	9.42	78.53	0.12
EDIFICIO 2	18.87	85.16	0.22
EDIFICIO 3	9.82	70.69	0.14
EDIFICIO 4	39.13	150.92	0.26

Anexo 13 Cuantías para Placas por Proyecto

EDIFICIO	TOTAL		
	CUANTIA DE ACERO		CUANTIA CONCRETO
	KG/M2	KG/M3	M3/M2
EDIFICIO 1	24.63	84.84	0.29
EDIFICIO 2	36.28	95.42	0.38
EDIFICIO 3	28.59	88.71	0.32
EDIFICIO 4	50.08	149.41	0.34

Anexo 14 Cuantías Totales por Proyecto

EDIFICIOS TIPO TUNEL				
ELEMENTO	CUANTIA	EDIFICIO 1	EDIFICIO 3	% de DIFERENCIA
Pantalla	kG/m2	13.37	17.11	28.02
	KG/m3	90.59	113.84	25.66
	M2/M2 placa	1.09	1.09	0.01
	M3/M2 pantalla	0.15	0.15	1.87
Vigas	KG/ml	2.46	4.36	77.04
	KG/m2	17.81	14.54	22.48
	KG/m3	142.41	121.19	17.50
	M3/M2 placa conc.	0.023	0.02	26.68
	M3/M2 viga conc.	0.13	0.12	4.24
Escalera	KG/M3	84.52	80.17	5.42
Placas	kG/m2	9.42	9.82	4.16
	KG/m3	78.53	70.69	11.10
	M3/M2 conc.	0.12	0.14	15.73
TOTAL	kG/m2	24.63	28.59	16.08
	KG/m3	84.84	88.71	4.56
	M3/M2 conc.	0.29	0.32	11.02

Anexo 15 Cuantías para proyectos con sistema estructural tipo túnel

EDIFICIOS TIPO PORTICO				
ELEMENTO	CUANTIA	EDIFICIO 2	EDIFICIO 4	% de DIFERENCIA
Columna	KG/ml	46.23	69.60	50.55
	KG/m2	20.77	29.28	40.94
	KG/m3	158.21	219.58	38.79
	M3/M2 placa	0.07	0.04	85.11
	M3/M2 columna	0.13	0.13	1.55
Vigas	KG/ml	18.78	33.41	77.91
	KG/m2	48.19	188.94	292.06
	KG/m3	96.38	222.77	131.13
	M3/M2 placa conc.	0.13	0.12	10.24
	M3/M2 viga conc.	0.50	0.85	69.63
Escalera	KG/M3	86.30	79.55	8.49
Placas	kG/m2	18.87	39.13	107.31
	KG/m3	85.16	150.92	77.22
	M3/M2 conc.	0.22	0.26	16.98
TOTAL	kG/m2	36.28	50.08	38.04
	KG/m3	95.42	149.41	56.58
	M3/M2 conc.	0.38	0.34	13.43

Anexo 16 Cuantías para edificios con sistema estructural tipo pórtico

EDIFICIOS < 10 PISOS				
ELEMENTO	CUANTIA	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2	% de DIFERENCIA
Pantalla	kG/m2	13.37	24.67	84.58
	KG/m3	90.59	71.73	26.29
	M3/M2 placa conc.	1.09	0.24	346.05
	m3/m2 pantalla	0.15	0.34	133.11
Vigas	KG/ml	2.46	18.78	662.09
	KG/m2	17.81	48.19	170.54
	KG/m3	142.41	96.38	47.75
	M3/M2 placa conc.	0.023	0.135	495.31
	M3/M2 viga conc.	0.13	0.50	299.73
Escalera	KG/M3	84.52	86.30	2.12
Placas	kG/m2	9.42	18.87	100.27
	KG/m3	78.53	85.16	8.44
	M3/M2 conc.	0.12	0.22	84.70
TOTAL	kG/m2	24.63	36.28	47.33
	KG/m3	84.84	95.42	12.47
	M3/M2 conc.	0.29	0.38	31.00

Anexo 17 Cuantías para Proyectos con 10 o menos pisos

EDIFICIOS > 15 PISOS				
ELEMENTO	CUANTIA	EDIFICIO 3	EDIFICIO 4	% de DIFERENCIA
Vigas	KG/ml	4.36	33.41	665.83
	KG/m2	14.54	188.94	1199.15
	KG/m3	121.19	222.77	83.81
	M3/M2 placa conc.	0.018	0.122	584.09
	M3/M2 viga conc.	0.12	0.85	606.80
Escalera	KG/M3	80.17	79.55	0.77
Placas	kG/m2	9.82	39.13	298.60
	KG/m3	70.69	150.92	113.51
	M3/M2 conc.	0.14	0.26	86.69
TOTAL	kG/m2	28.59	50.08	75.20
	KG/m3	84.84	149.41	76.11
	M3/M2 conc.	0.32	0.34	4.02

Anexo 18 Cuantías para edificios con 15 o más pisos

EDIFICIO 1						
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO CONSTRU DATA	VALOR PARCIAL CONSTRU DATA	VALOR UNITARIO CONSTRUPRECIOS	VALOR PARCIAL CONSTRUPRECIOS
PANTALLAS CONCRETO	M2	4362.40	\$ 128,553.00	\$ 560,799,292.25	\$ 114,868.00	\$ 501,099,881.77
LOSA MACIZA CONCRETO 0,12	M2	4012.11	\$ 66,600.00	\$ 267,206,526.00	\$ 83,164.00	\$ 333,663,116.04
ESCALERAS CONCRETO	M3	31.738	\$ 864,480.00	\$ 27,436,866.24	\$ 864,480.00	\$ 27,436,866.24
VIGAS CONCRETO	M3	7.72	\$ 759,000.00	\$ 5,856,444.00	\$ 769,013.00	\$ 5,933,704.31
ACERO DE ESTRUCTURA	KG	88,600.34	\$ 2,500.00	\$ 221,500,846.75	\$ 2,500.00	\$ 221,500,846.75
MALLA	KG	10202.37	\$ 2,800.00	\$ 28,566,627.85	\$ 2,800.00	\$ 28,566,627.85
			TOTAL	\$ 1,111,366,603.09	TOTAL	\$ 1,118,201,042.96

Anexo 19 Estimación Costo de la estructura del EDIFICIO 1

EDIFICIO 2						
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO CONSTRU DATA	VALOR PARCIAL CONSTRU DATA	VALOR UNITARIO CONSTRUPRECIOS	VALOR PARCIAL CONSTRUPRECIOS
COLUMNA	M3	201.176	\$ 621,811.00	\$ 125,093,449.74	\$ 799,395.00	\$ 160,819,088.52
PANTALLA ASCENSOR	M3	245.457	\$ 573,183.00	\$ 140,691,779.63	\$ 552,400.00	\$ 135,590,446.80
ESCALERA	M3	17.69395	\$ 864,480.00	\$ 15,296,065.90	\$ 864,480.00	\$ 15,296,065.90
PLACA ALIGERADA	M2	2927.53	\$ 133,091.00	\$ 389,627,895.23	\$ 122,346.00	\$ 358,171,585.38
ACERO DE ESTRUCTURA	KG	100640.74	\$ 2,500.00	\$ 251,601,857.00	\$ 2,500.00	\$ 251,601,857.00
MALLA	KG	5576.67	\$ 2,800.00	\$ 15,614,664.24	\$ 2,800.00	\$ 15,614,664.24
			TOTAL	\$ 937,925,711.73	TOTAL	\$ 937,093,707.84

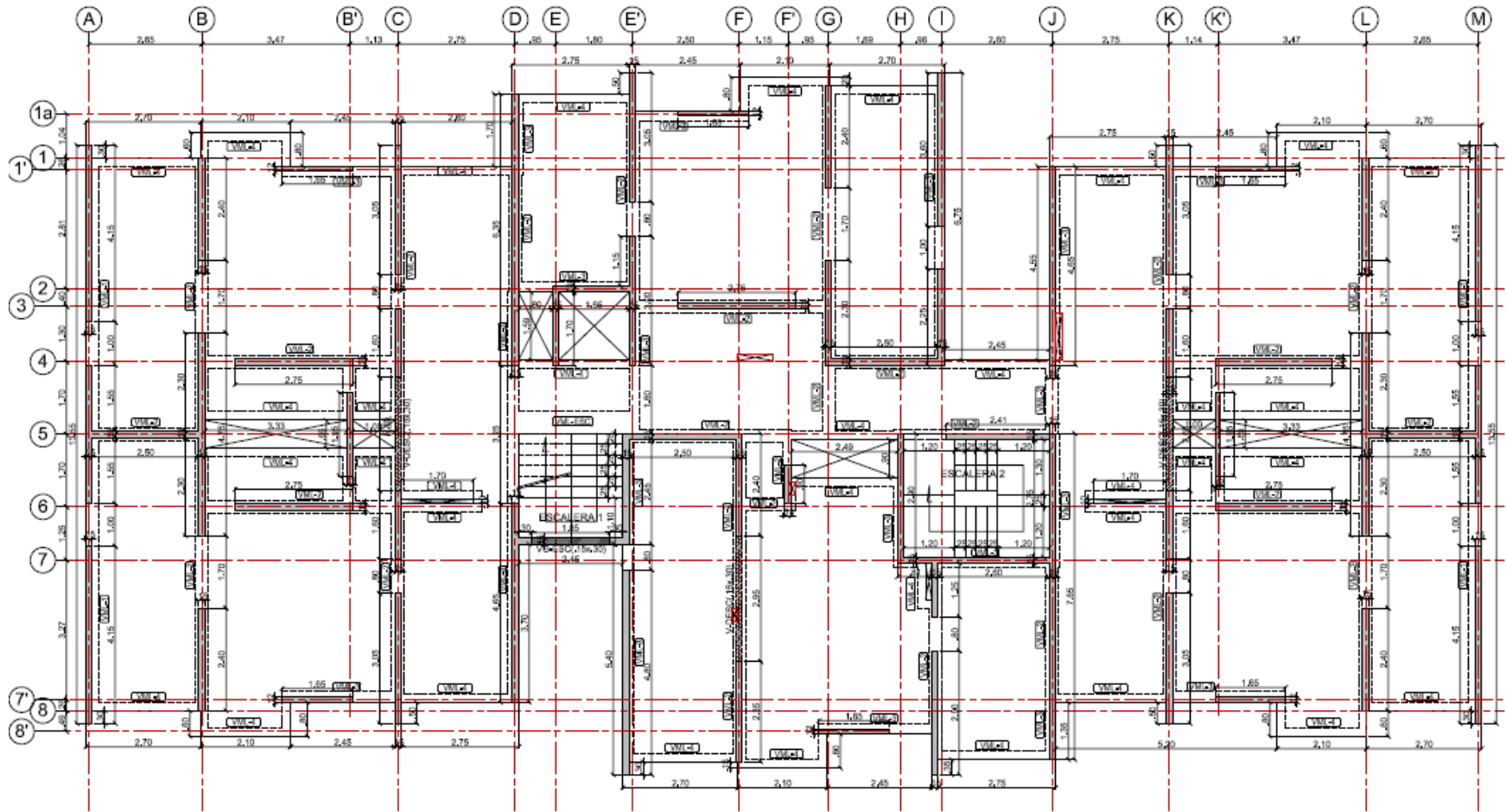
Anexo 20 Estimación del Costo de la estructura del EDIFICIO 2

EDIFICIO 3						
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO CONSTRUDATA	VALOR PARCIAL CONSTRUDATA	VALOR UNITARIO CONSTRUPRECIOS	VALOR PARCIAL CONSTRUPRECIOS
PANTALLA ASCENSOR	M3	207.03	\$ 573,183.00	\$ 118,666,076.49	\$ 552,400.00	\$ 114,363,372.00
PANTALLA	M2	12818.35	\$ 128,553.00	\$ 1,647,837,347.55	\$ 114,868.00	\$ 1,472,418,227.80
ESCALERAS	M3	25.74	\$ 864,480.00	\$ 22,251,726.01	\$ 864,480.00	\$ 22,251,726.01
PLACA MACIZA 0,12	M2	12424.80	\$ 66,600.00	\$ 827,491,680.00	\$ 83,164.00	\$ 1,033,296,067.20
ACERO DE ESTRUCTURA	KG	178,886.77	\$ 2,500.00	\$ 447,216,918.20	\$ 2,500.00	\$ 447,216,918.20
MALLA	KG	176289.97	\$ 2,800.00	\$ 493,611,926.64	\$ 2,800.00	\$ 493,611,926.64
			TOTAL	\$ 3,557,075,674.89	TOTAL	\$ 3,583,158,237.85

Anexo 21 Estimación del Costo de la estructura del EDIFICIO 3

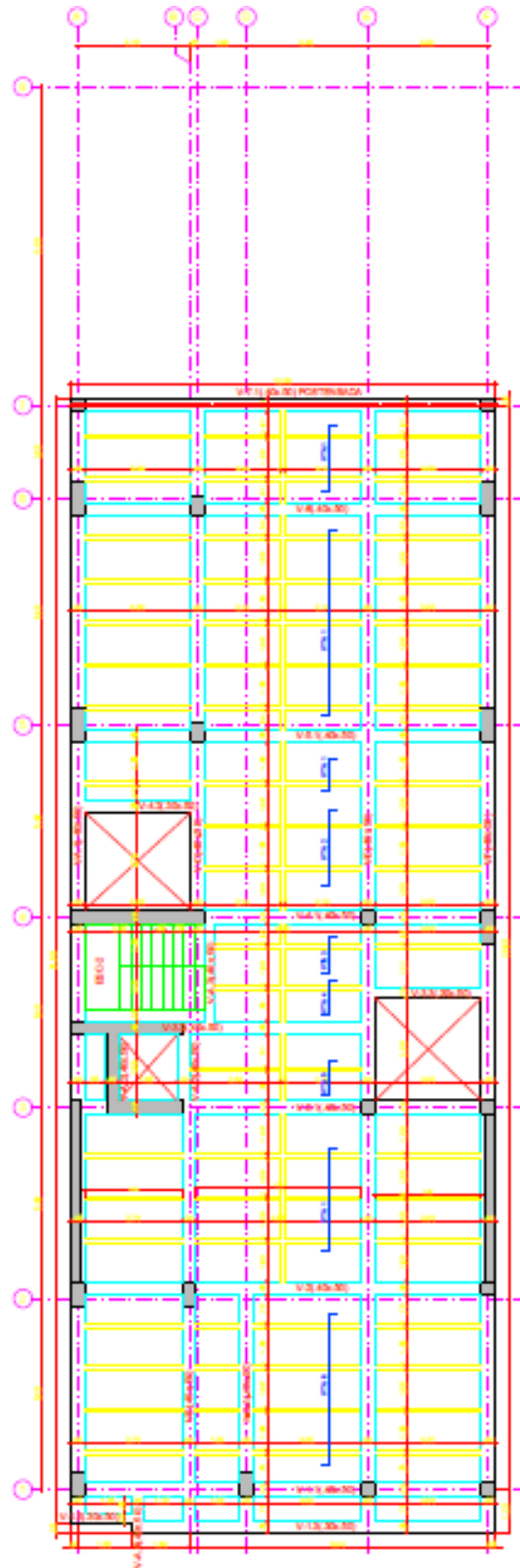
EDIFICIO 4						
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO CONSTRUDATA	VALOR PARCIAL CONSTRUDATA	VALOR UNITARIO CONSTRUPRECIOS	VALOR PARCIAL CONSTRUPRECIOS
PANTALLA ASCENSOR	M3	521.60	\$ 583,183.00	\$ 304,185,992.97	\$ 562,400.00	\$ 293,345,660.70
COLUMNAS 4000 PSI	M3	531.859	\$ 631,811.00	\$ 336,034,366.65	\$ 809,395.00	\$ 430,484,015.31
VIGAS 4000 PSI	M3	1051.59774	\$ 769,000.00	\$ 808,678,662.06	\$ 779,013.00	\$ 819,208,310.23
ESCALERA	M3	34.674	\$ 864,480.00	\$ 29,974,979.52	\$ 874,480.00	\$ 30,321,719.52
PLACA MACIZA 4000 PSI	M2	14326.65	\$ 88,800.00	\$ 1,272,206,431.20	\$ 115,955.00	\$ 1,661,246,584.80
ACERO DE ESTRUCTURA	KG	717529.62	\$ 2,500.00	\$ 1,793,824,053.61	\$ 2,500.00	\$ 1,793,824,053.61
MALLA	KG	11850.41	\$ 2,800.00	\$ 33,181,161.51	\$ 2,800.00	\$ 33,181,161.51
			TOTAL	\$ 4,578,085,647.51	TOTAL	\$ 5,061,611,505.67

Anexo 22 Estimación del Costo de la estructura del EDIFICIO 4

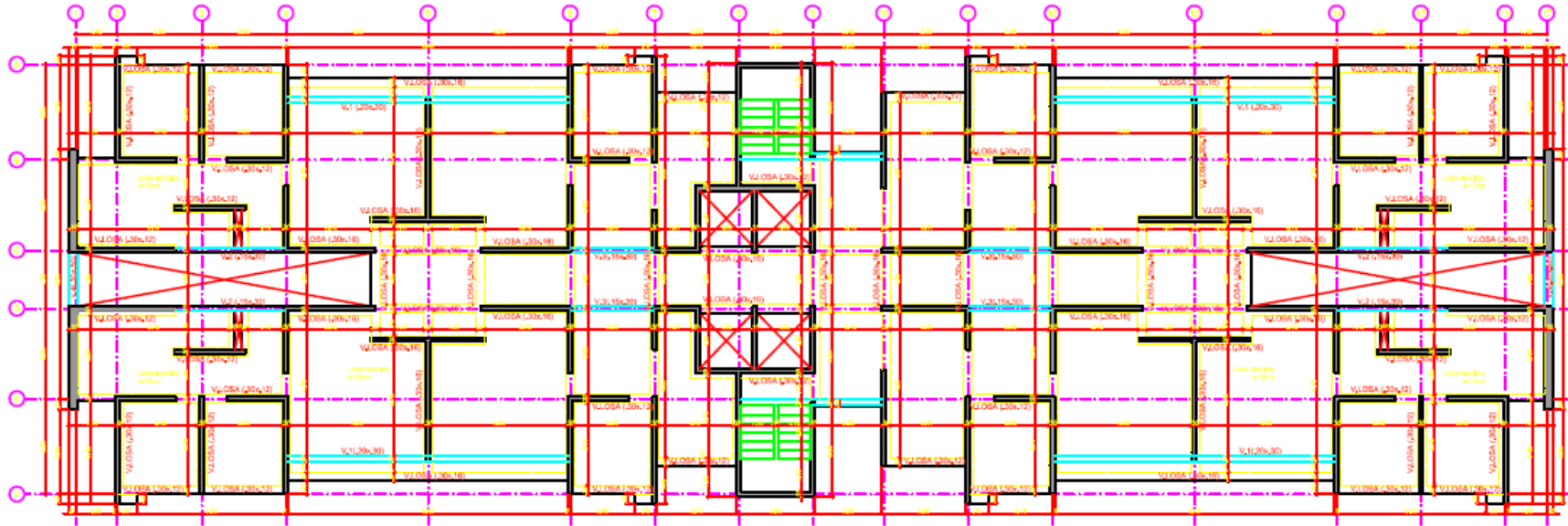


PLANTA PISO TIPO (Geometría)

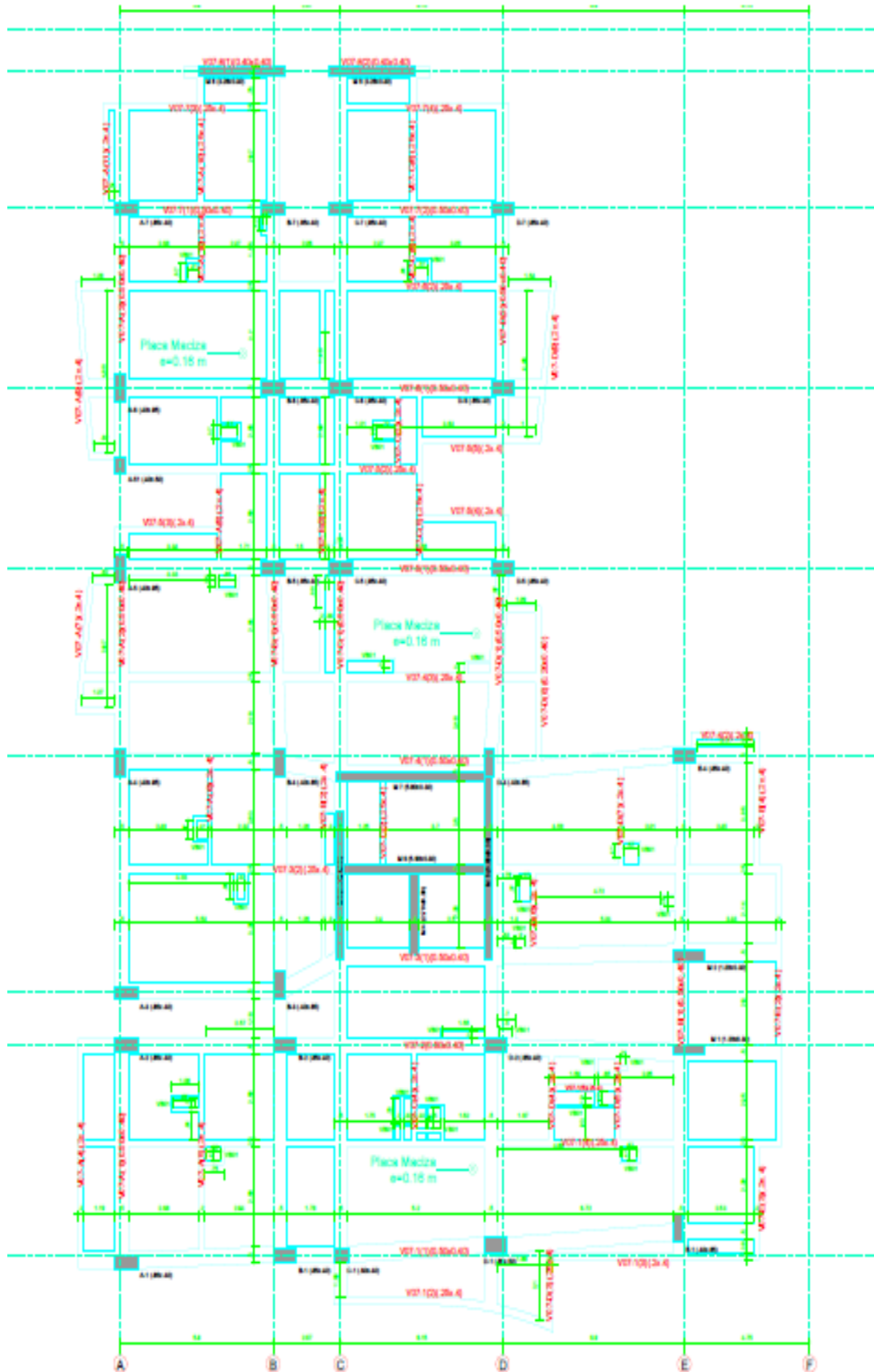
Anexo 23 Plano de planta, edificación 1



Anexo 24 Plano de planta, edificación 2



Anexo 25 Plano de planta, edificación 3



PLANTA DE ENTREPISO N 9.3, N 12.4, N 15.5, N 18.6, N 21.7, N 24.8, N 27.9, N 31
N 34.1, N 37.2, N 40.3

Anexo 26 Plano de planta, edificación