



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE UN PÓRTICO PLANO DE SEIS PLANTAS POR EL
MÉTODO DE KANI REALIZADO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE
CARGAS GRAVITACIONALES.

ROMERO TERREROS KAROL NOHELI
INGENIERA CIVIL

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE UN PÓRTICO PLANO DE SEIS PLANTAS POR EL
MÉTODO DE KANI REALIZADO MEDIANTE LA APLICACIÓN
DE CARGAS GRAVITACIONALES.

ROMERO TERREROS KAROL NOHELI
INGENIERA CIVIL

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

ANÁLISIS DE UN PÓRTICO PLANO DE SEIS PLANTAS POR EL MÉTODO DE
KANI REALIZADO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS
GRAVITACIONALES.

ROMERO TERREROS KAROL NOHELI
INGENIERA CIVIL

PANTOJA AGUACONDO DAVID ELOY

MACHALA, 21 DE FEBRERO DE 2020

MACHALA
21 de febrero de 2020

Nota de aceptación:

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado ANÁLISIS DE UN PÓRTICO PLANO DE SEIS PLANTAS POR EL MÉTODO DE KANI REALIZADO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS GRAVITACIONALES., hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



PANTOJA AGUACONDO DAVID ELOY
0702321191
TUTOR - ESPECIALISTA 1



ORDÓNEZ FERNÁNDEZ JOSÉ LUIS
0703830646
ESPECIALISTA 2



CARRION ROMERO LEYDEN OSWALDO
0703989962
ESPECIALISTA 3

Fecha de impresión: martes 18 de febrero de 2020 - 15:50

ANÁLISIS DE UN PÓRTICO PLANO DE SEIS PLANTAS POR EL MÉTODO DE KANI REALIZADO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS GRAVITACIONALES.

por Karol Romero

Fecha de entrega: 11-feb-2020 02:22p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1255630403

Nombre del archivo: TRABAJO_PR_CTICO_KAROL_ROMERO_NUEVO.docx (54.6K)

Total de palabras: 2864

Total de caracteres: 15157

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, ROMERO TERREROS KAROL NOHELI, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado ANÁLISIS DE UN PÓRTICO PLANO DE SEIS PLANTAS POR EL MÉTODO DE KANI REALIZADO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS GRAVITACIONALES., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 21 de febrero de 2020



ROMERO TERREROS KAROL NOHELI
0750062002

ANÁLISIS DE UN PÓRTICO PLANO DE SEIS PLANTAS POR EL MÉTODO DE KANI REALIZADO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CARGAS GRAVITACIONALES.

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	scielo.senescyt.gob.ec Fuente de Internet	1%
2	www.redalyc.org Fuente de Internet	1%
3	repositorio.uc.cl Fuente de Internet	1%
4	Juan Murcia Vela, Antonio Aguado de Cea. "Análisis de estructuras de hormigón armado y pretensado", Informes de la Construcción, 2012 Publicación	1%
5	www.acofipapers.org Fuente de Internet	1%
6	prezi.com Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana Trabajo del estudiante	1%

RESUMEN

La finalidad del presente trabajo consiste en el análisis de un pórtico plano de seis plantas y tres vanos por el método de Kani, realizado mediante la aplicación de cargas gravitacionales.

Para el análisis del pórtico fue necesario calcular Inercias a partir de las secciones transversales de vigas y columnas, Rigideces relativas con la división de la Inercia para la longitud de cada elemento, Factores de giro o distribución cuya fórmula emplea las rigideces calculadas de la forma descrita con anterioridad, Momentos de empotramiento perfecto para cargas triangulares, por motivo de que la configuración en planta del edificio es simétrica, posteriormente se realizó un proceso iterativo para realizar el ajuste a los momentos y así, obtener los momentos finales con las ecuaciones de Maney, luego calcular las cortantes con dichos momentos para poder realizar los respectivos diagramas de momentos, cortantes y axiales.

Los diagramas fueron realizados en AutoCAD y para el desarrollo de los cálculos en una hoja electrónica del software Microsoft Excel, esto se lo puede encontrar en la sección de anexos parte última de este documento.

PALABRAS CLAVES: Método de Kani, Factores de giro o distribución, Momentos finales.

ABSTRACT

The purpose of this work is the analysis of a flat frame with six floors and three bays by the Kani method, carried out through the application of gravitational loads.

For the analysis of the frame it was necessary to calculate Inertias from the cross sections of beams and columns, Specific rigidity with the division of the Inertia for the length of each element, Turning or distribution factors whose formula uses the calculated stiffnesses as described previously, Moments of perfect embedment for triangular loads, because of the configuration in plan of the building is symmetric, later an iterative process was carried out to make the adjustment to the moments and thus, to obtain the final moments with the Maney equations, then Calculate the shear with these moments to be able to make the diagrams of moments, shear and axial.

The diagrams were made in AutoCAD and for the development of calculations in an electronic sheet of Microsoft Excel software, this can be found in the annexes section last part of this document.

KEYWORDS: Kani method, Turn or distribution factors, Final moments.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	12
1.1 ANTECEDENTES	12
1.2 IMPORTANCIA.....	12
1.3 ENFOQUE.....	12
1.4 OBJETIVOS.....	13
1.5 ALCANCE	13
2. DESARROLLO	14
2.1 MARCO TEÓRICO	14
2.1.1 <i>Análisis de Estructuras</i>	14
2.1.2 <i>Pórtico</i>	14
2.1.3 <i>Configuración estructural</i>	15
2.1.4 <i>Comprobación</i>	15
2.1.5 <i>Método de Kani</i>	16
2.1.6 <i>Ventajas del Método de Kani</i>	16
2.1.7 <i>Caso de Estructuras con Nudos Rígidos</i>	16
2.2 MARCO CONTEXTUAL.....	17
2.3 MARCO METODOLÓGICO	20
2.3.1 <i>Inercia</i>	20
2.3.2 <i>Rigidez Relativa</i>	20
2.3.3 <i>Factores de giro o distribución</i>	20
2.3.4 <i>Momento de Empotramiento Perfecto</i>	21
2.3.5 <i>Iteraciones</i>	21
2.3.6 <i>Momentos Finales</i>	22
2.3.7 <i>Momento Flexionante Máximo</i>	22
2.3.8 <i>Fuerza Cortante</i>	24
3. CONCLUSIONES	25
4. RECOMENDACIONES	25
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
6. ANEXOS	28

ÍNDICE DE IMÁGENES

FIG. 1. SISTEMA ESTRUCTURAL DE MARCO PURO.....	15
FIG. 2. PÓRTICO PLANO DE SEIS PLANTAS Y TRES VANOS.....	18
FIG. 3. VISTA EN PLANTA	18
FIG. 4. PÓRTICO CON CARGA VIVA.....	19
FIG. 5. PÓRTICO CON CARGA MUERTA.....	19

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. RIGIDECES.....	28
ANEXO B. FACTORES DE DISTRIBUCIÓN	29
ANEXO C. MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PARA CARGA VIVA	33
ANEXO D. ITERACIONES PARA CARGA VIVA	34
ANEXO E. ESQUEMA DE ITERACIONES PARA CARGA VIVA	40
ANEXO F. MOMENTOS FINALES PARA CARGA VIVA.....	41
ANEXO G. CORTANTES PARA CARGA VIVA	44
ANEXO H. DIAGRAMA DE MOMENTOS, CORTANTES Y AXIALES PARA CARGA VIVA	45
ANEXO I. MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PARA CARGA MUERTA.....	48
ANEXO J. ITERACIONES PARA CARGA MUERTA.....	49
ANEXO K. ESQUEMA DE ITERACIONES PARA CARGA MUERTA.....	53
ANEXO L. MOMENTOS FINALES PARA CARGA MUERTA.....	54
ANEXO M. CORTANTES PARA CARGA MUERTA	57
ANEXO N. DIAGRAMA DE MOMENTOS, CORTANTES Y AXIALES PARA CARGA MUERTA.....	58

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La historia del análisis estructural tiene lugar desde comienzos de la humanidad en donde es posible distinguir algunos períodos importantes que destacaron en el diseño y análisis de estructuras y cuyo aporte se refleja en magníficas estructuras antiguas, así como modernas.

“El método de Kani data en el año 1930, correspondiente al período moderno y cuya finalidad de este método está basado en los métodos de las iteraciones sucesivas y en la distribución de momentos para de esta manera expresar el efecto de las rotaciones y desplazamientos nodales.” [1]

1.2 Importancia

“La ingeniería es una profesión en la que el arte del diseño, el conocimiento de las ciencias, el dominio de la tecnología y la intuición profesional, obtenidos a través del estudio, la experiencia de los ancestros, y las vivencias propias; se aplican juiciosa, creativa y económicamente para poner las fuerzas y recursos de la naturaleza, el hombre y la sociedad, al servicio de la humanidad.” [2]

La importancia del diseño y análisis estructural nace de la influencia que ha tenido sobre la ingeniería la necesidad de crear grandes y complejas estructuras.

“El método iterativo de análisis de estructuras desarrollado por G. Kani, viene a ser extremadamente satisfactorio para el análisis de cualquier estructura convencional para edificios de varios pisos bajo cualquier condición de cargas dada.” [1]

El método de Kani resulta importante por la obtención de momentos y cortantes necesarios para realizar el diseño estructural de una edificación.

1.3 Enfoque

Por ser el método de Kani un método tradicional y haber tenido su auge en años anteriores a la utilización de procedimientos computacionales, era muy tedioso, demandaba de bastante tiempo y de varias hojas de cálculo elaboradas a mano.

En la actualidad, se ha presenciado que los programas por computadora ayudan a reducir ese tiempo, dinero y esfuerzo, motivo por el cual el desarrollo de este método en una hoja de cálculo del software Microsoft Excel.

“El diseño estructural ha ido cambiando y mejorando continuamente, hoy en día, la gran mayoría de códigos del mundo han intentado establecer criterios de diseños basados

en confiabilidad, esto con el fin de mejorar el comportamiento estructural, de reducir los daños y reducir los costos a valores aceptables.” [3]

1.4 Objetivos

Objetivo General

Analizar un pórtico plano de seis plantas y tres vanos, por medio del método de Kani con la aplicación de cargas gravitacionales, para la obtención de los momentos finales y la respectiva representación gráfica de momentos, cortantes y axiales.

Objetivos Específicos

- Calcular Inercias, Rigideces relativas, Momentos de empotramiento y Factores de giro o distribución; insumos necesarios para el desarrollo del método Kani en una hoja de cálculo de Microsoft Excel.
- Realizar iteraciones sucesivas hasta obtener una variación mínima entre los valores de momentos resultantes.
- Determinar los momentos finales en cada extremo de los elementos, los cuales son valores importantes para determinar los momentos máximos, fuerzas cortantes y fuerzas axiales.
- Realizar las gráficas de momentos, cortantes y axiales en el programa de AutoCAD, para de esta manera conocer el comportamiento del pórtico con las cargas gravitacionales aplicadas.

1.5 Alcance

Se realizará los cálculos necesarios para el desarrollo del método de Kani en una hoja electrónica del software Microsoft Excel, para mayor rapidez en la obtención de resultados y principalmente en el proceso de las iteraciones.

El presente documento pretende abarcar hasta la representación gráfica de los momentos, cortantes y axiales en el software AutoCAD.

2. DESARROLLO

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Análisis de Estructuras

“La evaluación de seguridad de los marcos considerando el comportamiento en servicio del sistema estructural es un desafío para los ingenieros.” [4]

Por lo que requiere del estudio y conocimiento del comportamiento en servicio de los materiales y componentes.

“Siempre que el proyecto arquitectónico lo permita, los ingenieros adecuan los sistemas estructurales para que cumplan con ciertos requisitos reglamentarios de regularidad en cuanto a su configuración geométrica y distribución de masas, rigideces y resistencias; y resulten en estructuras *regulares*” [5] llamadas así por su configuración simétrica en planta y en elevación, de sus elementos estructurales.

“Siempre que se desee dar solución a un problema estructural es necesario realizar una modelación de la geometría de los elementos y de la edificación en su conjunto” [6], para conocer sobre el comportamiento de toda la estructura y así poder verter posibles soluciones a partir de ello.

“En una estructura existen cargas reales sobre las que los ingenieros estructurales deben encontrar soluciones y sistemas para aumentar la resistencia y la eficacia de los diseños de ingeniería” [7], debido a que en ocasiones el lugar donde va a ser implantada la estructura amerita de esas consideraciones.

Esto “implica claramente la necesidad de proyectar estructuras más resistentes y con capacidad de disipación energética controlada, capaces de soportar grandes esfuerzos, tanto los generados por fuerzas verticales gravitacionales como los causados por fuerzas horizontales sísmicas” [8], por ello la importancia de la realización de un análisis a las estructuras, para evitar daños que pongan en riesgo la vida de personas.

2.1.2 Pórtico

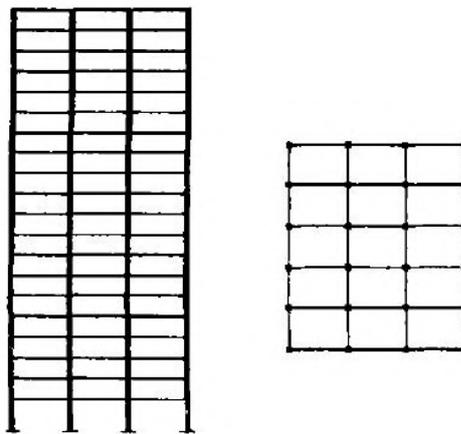
“Un pórtico rígido es una estructura en la que todas las columnas y vigas están unidas rígidamente (sin juntas articuladas), diseñado para soportar cargas tanto verticales como laterales que provocan momento y esfuerzo cortante en sus componentes: vigas y columnas.” [9]

2.1.3 Configuración estructural

Para la realización de un análisis estructural es de gran importancia conocer la configuración estructural del edificio. Esta configuración estructural comprende: “altura del edificio, número de pisos, altura promedio de entre-piso, longitud del edificio en la dirección principal (X) y en la dirección secundaria o transversal (Y), longitud de voladizos en ambas direcciones, número de ejes y espaciamiento promedio entre ejes en ambas direcciones, configuración en planta y en altura.” [10]

El tipo de edificio a analizar es un “Sistema de estructura de marco puro el cual se muestra en la Figura. El sistema es principalmente compuesto por vigas y columnas.” [11]

Fig. 1. Sistema estructural de marco puro



Fuente: W. Yang and Q. Yang, “Study on the Dynamic Characteristics of Light Steel Residential Structural System,” *Engineering*, vol. 9, pp. 1–8, 2017.

2.1.4 Comprobación

“En el Análisis Estructural en Ingeniería Civil, se contrastó las diferentes herramientas computacionales que aplican a la asignatura tales como calculadoras Texas Instrument y el software SAP2000, con lo cual se confrontan los resultados obtenidos manualmente, con lo obtenido en la herramienta profesional” [12], las respuestas que se obtienen tanto de programas computacionales como las obtenidas manualmente no deben de variar, permitiéndonos con ello considerar que los procesos se llevaron a cabo de forma correcta.

“En la salida del análisis interesan tanto resultados de carácter mecánico (esfuerzos reacciones, tensiones, etc») como geométrico (flechas, giros, curvaturas, deformaciones, etc.” [13]

2.1.5 Método de Kani

“El método de Kani es un método de iteraciones sucesivas, y tiene comparado con otros métodos, las siguientes ventajas:

En el supuesto de nudos fijos, o sea sin considerar el posible desplazamiento de los mismos, el cálculo es, en este método, correctivo en cada nudo, pasando luego de este a otro cualquiera, con lo cual, además de un ahorro de tiempo, supone muy poca probabilidad de que se cometan errores en el mismo.

Este método por ser correctivo puede llamarse con eliminación automática de errores, debido a que dicho error desaparece al producirse sucesivas iteraciones.” [14]

“Métodos aproximados de equilibrio, como son el de Kani, el de Takabeya o el de las iteraciones sucesivas, resuelven el sistema de ecuaciones de Gehler realizando múltiples iteraciones. Sin embargo, estas y otras estrategias para simplificar el modelo que se analiza no están concebidas para estudiar figuras espaciales debido a la complejidad de cálculo que ello implica.” [15]

2.1.6 Ventajas del Método de Kani

“Kani hace hincapié en que su método, ofrece las siguientes ventajas:

Se trata de iteraciones sucesivas y en consecuencia, las respuestas se pueden lograr con la exactitud que se desee, mientras las hipótesis fundamentales y los datos básicos lo permitan.

Su formulación conduce a una eliminación prácticamente automática de errores ocasionales.

Es muy fácil verificar en cualquier nudo la bondad de los resultados

Los cambios eventuales de cargas o dimensiones en cualquier elemento se pueden tener en cuenta con muy poco esfuerzo adicional.” [16]

2.1.7 Caso de Estructuras con Nudos Rígidos

En cuanto al estudio de los ángulos de giro, se supone que los nudos no se desplazan. El nudo puede rotar y las barras deformarse, pero siempre formarán el mismo ángulo del nudo.

“En síntesis los pasos involucrados son los siguientes:

1. Evalúense los coeficientes de giro β y momentos de empotramiento M_i . Llévense estos valores a un diagrama adecuado y calcúlense los momentos de fijación de cada uno.

2. Adóptese una secuencia de recorrido de los nudos, empezando por el de momento de fijación para acelerar la convergencia.
 3. Aplíquese a cada uno de los elementos que concurren a cada nudo la ecuación $M'_{ik} = \beta(M_i + \sum M'_{ki})$ y escríbanse en el diagrama los resultados obtenidos que constituyen para ese ciclo los valores de M'_{ik} . Estos valores se convierten en M'_{ki} al pasar a los nudos opuestos.
 4. Una vez recorridos todos los nudos se tiene concluido un ciclo y se repite el paso 3 una y otra vez hasta obtener una convergencia en todos los nudos.
 5. Aplíquese entonces la ecuación $M_{IK} = \bar{M}_{ik} + 2M''_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik}$ en todos los nudos, con lo que se obtendrá los momentos definitivos en cada uno de los extremos.”
- [16]

2.2 Marco Contextual

El pórtico plano de estudio, corresponde al eje 2, cuenta con 6 plantas de 3m de entrepiso y 3 vanos de 6m cada uno, las secciones transversales de las vigas de análisis son de 30 x 50 cm en la sexta, quinta y cuarta planta, y de 40 x 50 cm en la tercera, segunda y primera.

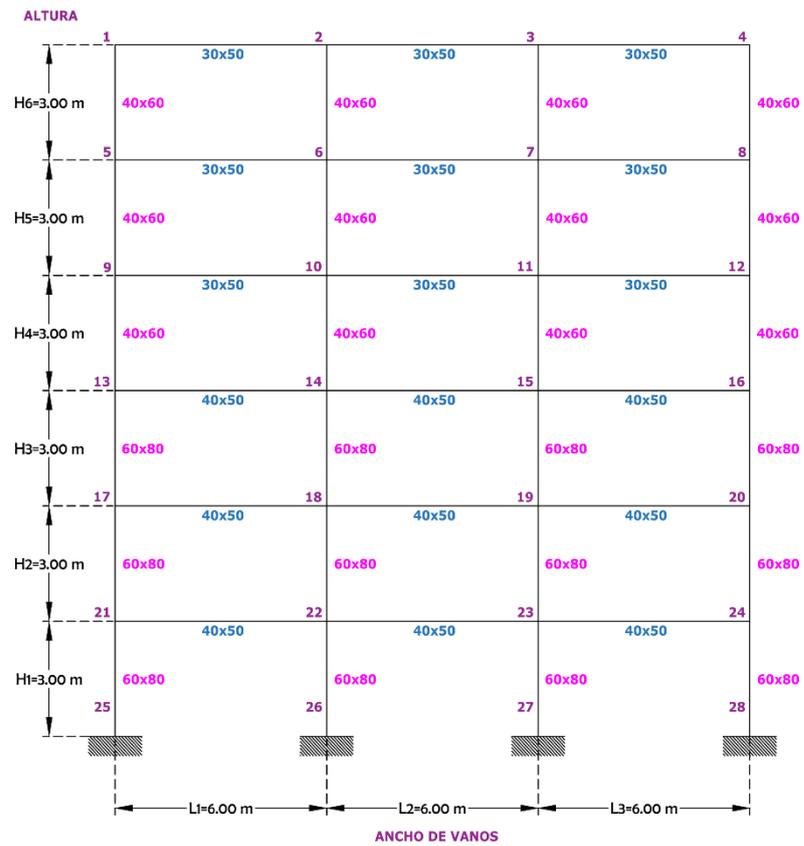
Para las secciones de las columnas las tres últimas plantas son de 40 x 60 cm y las tres primeras de 60 x 80 cm.

Las cargas gravitacionales aplicadas al pórtico son de 250 kg/cm², para la Carga Viva, de 500 y 750kg/cm², para Carga Muerta, en la cubierta y el entrepiso respectivamente.

La secuencia para el análisis del pórtico será de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, serán analizados un total de 28 nudos.

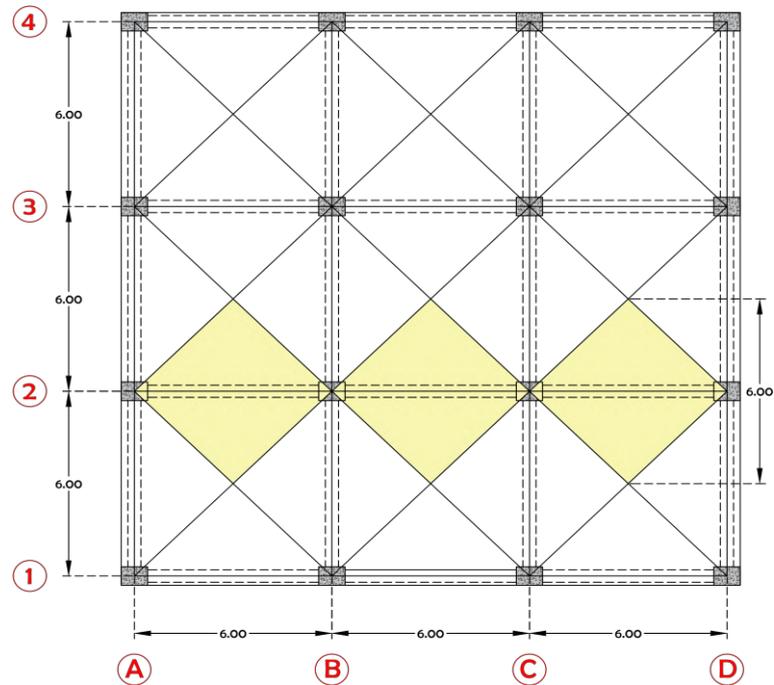
Se utilizará el procedimiento de nudos rígidos debido a la simetría en la geometría del pórtico, así como de las cargas aplicadas al mismo.

Fig. 2. Pórtico plano de seis plantas y tres vanos



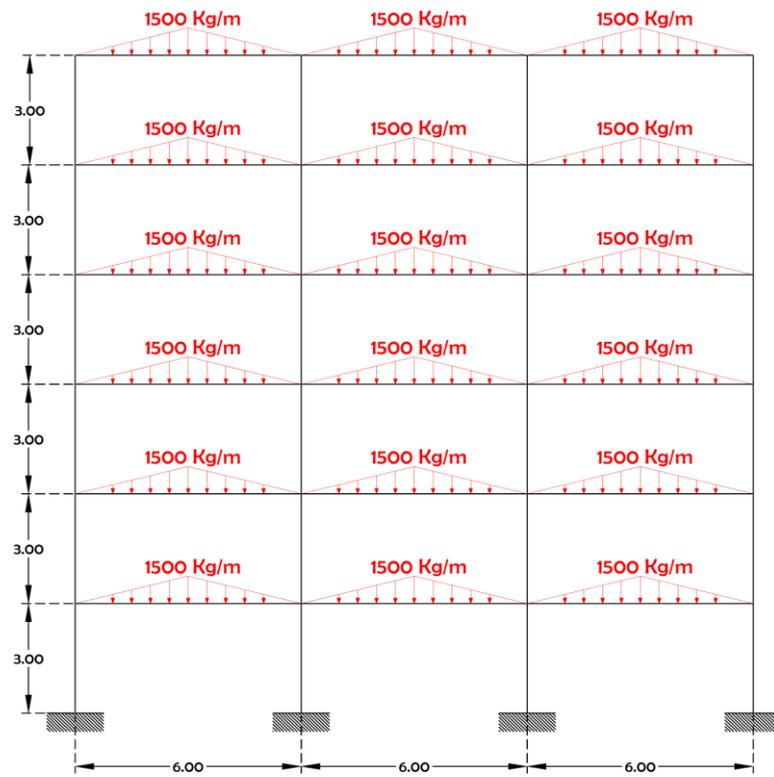
Fuente: Autor

Fig. 3. Vista en planta



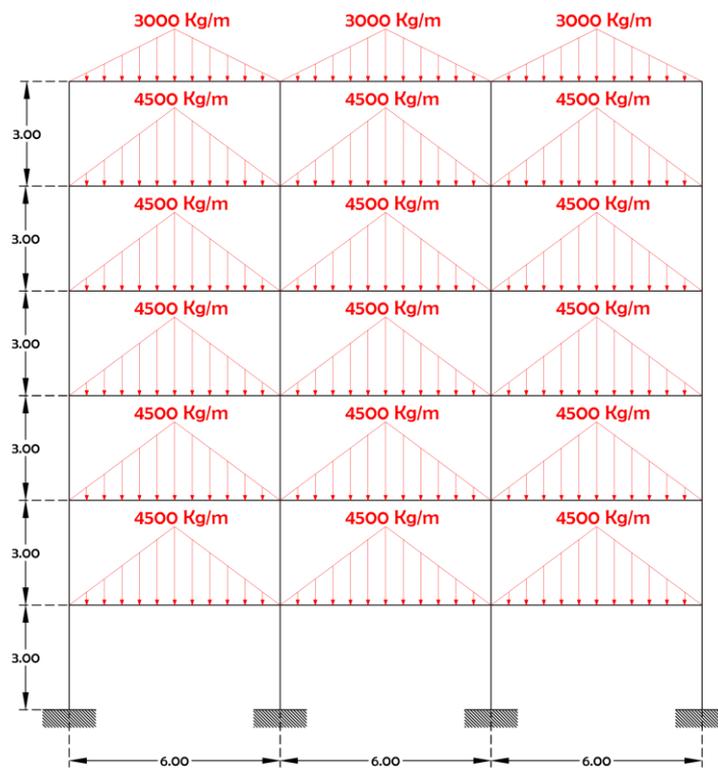
Fuente: Autor

Fig. 4. Pórtico con carga viva



Fuente: Autor

Fig. 5. Pórtico con carga muerta



Fuente: Autor

2.3 Marco Metodológico

2.3.1 Inercia

Se calcula las Inercias de las secciones transversales de vigas y columnas propuestas. La fórmula utilizada para este cálculo fue:

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad \text{Ecuación.(1)}$$

Donde:

I=Inercia (cm⁴)

b=Base del elemento (cm)

h=Altura del elemento (cm)

2.3.2 Rigidez Relativa

Para el cálculo de la rigidez relativa se debe dividir la Inercia para la Longitud del elemento. Su fórmula, es:

$$k = \frac{I}{L} \quad \text{Ecuación. (2)}$$

Donde:

k=Rigidez Relativa (cm³)

I=Inercia del elemento (cm⁴)

L=Longitud del elemento (cm)

2.3.3 Factores de giro o distribución

Se realizó tres grupos entre ellos; los nudos donde concurren cuatro, tres y dos barras, a su vez se comprobó sumando los factores dando -0,5, cumpliendo con la solicitud.

La fórmula del Factor de giro o distribución, es:

$$\beta = -\frac{1}{2} \frac{k}{\sum k} \quad \text{Ecuación. (3)}$$

Donde:

β=Factor de giro o distribución

k=Rigidez Relativa del elemento (cm³)

Σk=Sumatoria de rigideces en el nudo (cm³)

2.3.4 Momento de Empotramiento Perfecto

Como la configuración en planta del edificio es simétrica las cargas a analizar son triangulares, por esta razón la fórmula a emplear es:

$$M=\pm \frac{5qL^2}{96} \text{ Ecuación.(4)}$$

Donde:

M=Momento de empotramiento perfecto (kg-m)

q=Carga Viva o Muerta aplicada de forma lineal en (kg/m)

L=Longitud de la Viga (m)

2.3.4.1 Carga q

Resulta de multiplicar la Carga Viva o Muerta en (kg/m²), para el ala colaborante en (m).

La fórmula correspondiente es:

$$q=W A_c \text{ Ecuación. (5)}$$

Donde:

q=Carga Viva o Muerta aplicada de forma lineal (kg/m)

W=Carga Viva o Muerta aplicada sobre un área (kg/m²)

A_c=Ala colaborante (m)

2.3.5 Iteraciones

Con los datos obtenidos se procede a realizar las iteraciones, las cuales se tomarán de la siguiente manera, arriba hacia abajo y de izquierda a derecha.

La fórmula aplicada en este paso, es:

$$M'_{ik}=\beta \left(M_i + \sum M'_{ki} \right) \text{ Ecuación.(6)}$$

Donde:

M'_{ik}=Momento en extremo debido al giro del mismo (kg-m)

β=Factor de giro o distribución

M_i=Momento de empotramiento perfecto del nudo(kg-m)

$\sum M'_{ki}$ =Sumatoria de los momentos originados por los giros de los nudos opuestos

2.3.6 Momentos Finales

Los Momentos finales son importantes para realizar los correspondientes diagramas de momento flexionante, fuerza cortante y axial.

El cálculo de los Momentos Finales, se realiza a través de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$M_{IK} = \bar{M}_{ik} + 2M''_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik} \quad \text{Ecuación. (7)}$$

Donde:

M_{IK} = Momento Flector en el extremo i de la barra i-k (kg-m)

\bar{M}_{ik} = Momento de empotramiento perfecto en el extremo i producido por las cargas exteriores (kg-m)

M''_{ik} = Momento debido al desplazamiento del extremo i de la barra i-k (kg-m)

M'_{ki} = Momento en extremo debido al giro del extremo (kg-m)

2.3.7 Momento Flexionante Máximo

Característica curvada o flexionada máxima de la viga por la aplicación de las cargas gravitacionales. Por ser la carga triangular, su fórmula es:

$$M_{\text{máx}} = r_i X_o + M_{fi} - \frac{q X_o^3}{3L} \quad \text{Ecuación. (8)}$$

Donde:

$M_{\text{máx}}$ = Momento Flexionante Máximo (kg-m)

r_i = Reacción i (kg)

M_{fi} = Momento final del extremo i (kg-m)

X_o = Ubicación del momento Máximo (m)

q = Carga Viva o Muerta aplicada de forma lineal en (kg/m)

L = Longitud de la viga (m)

2.3.7.1 Reacción RH

Necesaria para el cálculo de las reacciones r_i y r_j en vigas. Emplea los Momentos finales y la longitud de la viga, su fórmula se expresa de la siguiente manera:

$$R_h = \frac{M_{fi} + M_{fj}}{L} \quad \text{Ecuación. (9)}$$

Donde:

R_h = Reacción (kg)

Mfi=Momento Final del extremo i (kg-m)

Mfj=Momento final del extremo j (kg-m)

L=Longitud de la viga (m)

2.3.7.2 Reacción Ri y Rj

Para una carga triangular la fórmula a emplear se expresa a continuación:

$$R_i=R_j=\frac{q \times L}{4} \text{ Ecuación.(10)}$$

Donde:

Ri=Rj=Reacciones (kg)

q=Carga Viva o Muerta aplicada de forma lineal en (kg/m)

L=Longitud de la viga (m)

2.3.7.3 Reacción ri y rj

Se las obtiene a partir de las reacciones anteriormente calculadas: Ri, Rj y Rh.

A ri, se la calcula de la siguiente manera:

$$r_i=R_i-R_h \text{ Ecuación.(11)}$$

Para rj, en lugar de restarse se suman, así:

$$r_j=R_j+R_h \text{ Ecuación. (12)}$$

2.3.7.4 Distancia Xo

En esta distancia se ubica el Momento Máximo. Para la carga analizada sería de esta forma:

$$X_o=\frac{L}{2} \text{ Ecuación.(13)}$$

Donde:

Xo=Ubicación del momento Máximo (m)

L=Longitud d ela viga (m)

2.3.7.5 Punto de Inflexión X1 y X2

Coeficientes *a, b, c, d* de la ecuación de momento para el cálculo de Δ_o y Δ_1 . La expresión utilizada para el cálculo de Δ_o , es:

$$\Delta_o=b^2-3ac \text{ Ecuación. (14)}$$

Y para Δ_1 ,tenemos:

$$\Delta_1=2b^3-9abc+27a^2d \text{ Ecuación. (15)}$$

Luego calculamos Δ a partir de los valores de Δ_0, Δ_1 y a :

$$\Delta = \frac{\Delta_1^2 - 4\Delta_0^3}{-27a^2} \text{ Ecuación. (16)}$$

Calculamos C , a partir de la fórmula:

$$C = \sqrt[3]{\frac{\sqrt{(\Delta_1^2 - 4\Delta_0^3 + \Delta_1)}}{2}} \text{ Ecuación. (17)}$$

Y u :

$$u = \frac{-1 + \sqrt{-3}}{2} \text{ Ecuación. (18)}$$

Posteriormente, se emplea los valores calculados en las fórmulas que serán descritas a continuación para obtener los puntos de inflexión:

$$x_1 = -\frac{\left(b + u^2 C + \frac{\Delta_0}{u^2 C}\right)}{3a} \text{ Ecuación (19)}$$

$$x_2 = -\frac{\left(b + u^3 C + \frac{\Delta_0}{u^3 C}\right)}{3a} \text{ Ecuación. (20)}$$

Ambas distancias para su representación son medidas desde el extremo izquierdo de la viga.

2.3.8 Fuerza Cortante

Obtenida a través de empleo de los momentos finales calculados en el anterior ítem. La fuerza cortante en columnas, se lleva a cabo con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{M_{fi} + M_{fj}}{H} \text{ Ecuación. (21)}$$

Donde:

V =Fuerza Cortante (kg)

M_{fi} =Momento Final del extremo i (kg-m)

M_{fj} =Momento final del extremo j (kg-m)

H =Altura de entrepiso (m)

“Los datos se han implementado en una hoja de cálculo, determinando los valores obtenidos para los distintos campos, se han añadido en las tablas.” [17]

3. CONCLUSIONES

- Para realizar el análisis de una estructura por el método de Kani es necesario calcular correctamente como parte inicial las inercias, rigideces relativas, Momentos de empotramiento y en especial Factores de giro o distribución, ya que si éstos son erróneos nunca convergerán los valores.
- La precisión de los resultados dependerá de la persona que realiza el análisis, para este trabajo se realizaron 10 iteraciones y la variación entre las dos últimas fue entre 0,000 y 0,002 kg-m.
- Se comprobó que la sumatoria de los momentos finales en cada nudo cierre, dando su sumatoria igual a cero, además se corroboró los resultados con las distintas metodologías como lo son: rigidez y utilización de softwares comerciales de estructuras, realizada por compañeros en la misma modalidad de titulación. El momento máximo negativo y positivo se dio en las vigas 1-2 y 3-4, con valores de -3000.946 Kg-m y 1811.188 Kg-m respectivamente para carga viva, para carga muerta el máximo momento negativo se dio en las vigas 9-10 y 11-12 con un valor de -8736.661 Kg-m y el máximo positivo 5233.841 Kg-m en las mismas vigas.
- La realización de las gráficas de momentos, cortantes y axiales nos permite una visualización rápida del comportamiento de las cargas aplicadas en la estructura en cada uno de los elementos.

4. RECOMENDACIONES

- Realizar la comprobación para los factores de giro o distribución de modo que su sumatoria sea igual a -0,5.
- Por ser el método de Kani bastante extenso para su desarrollo lo ideal sería ayudarse de programas que faciliten su ejecución como una hoja electrónica. Concatenar todas las formulaciones que se realizan en el método de modo que si existen cambios, se los hace y automáticamente tenemos los resultados.
- Para corroborar resultados y realizar las gráficas de Momento, Cortante y Axial utilizar otras metodologías o softwares para su comparación.
- Realizar las gráficas de momento, cortante y axial a una escala apropiada de modo que se visualice los valores obtenidos en los cálculos.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] L. Pinto Mindiola and A. García Cerezo, "ANÁLISIS DE CUALQUIER TIPO CONVENCIONAL DE ESTRUCTURAS PARA EDIFICIOS CON NODOS INDESPLAZABLES UTILIZANDO UN MODELO DE RED NEURONAL ARTIFICIAL," *Univ. , Cienc. y Tecnol.*, vol. 11, pp. 1–11, 2007.
- [2] Á. E. Castañeda and Y. M. Bravo, "Overview of the Structural Behavior of Columns , Beams , Floor Slabs and Buildings during the Earthquake of 2016 in Ecuador," *Rev. Ing. Construcción*, vol. 32, pp. 1–16, 2017.
- [3] J. Bojórquez Mora and S. E. Ruíz Gómez, "FACTORES DE CARGA ÓPTIMOS PARA EL DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS," *Rev. Ing. Sísmica*, vol. 98, pp. 1–20, 2018.
- [4] D. L. Santana Mapa, M. S. da Rocha Freitas, R. A. da Mota Silveira, and A. R. Dias da Silva, "Confiabilidade estrutural de pórticos de aço," *Rev. da Estruct. Aço-REA*, vol. 8, pp. 1–21, 2019.
- [5] J. E. Barradas Hernández and G. Ayala Milián, "SITIOS DEL VALLE DE MÉXICO EN LOS QUE SE DEBE DISEÑAR PARA UN Q MENOR AL ESTIPULADO PARA ESTRUCTURAS DÚCTILES," *Ing. Sísmica*, vol. 92, pp. 1–17, 2015.
- [6] C. A. Recarey Morfa and N. Pupo Sintras, "ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS DE EDIFICIOS ALTOS," pp. 1–12, 2017.
- [7] E. Ramy Morsy, "Structural System to Resist Seismic Loads on High Rise Reinforced Concrete Structures," *Open J. Civ. Eng.*, vol. 7, pp. 1–7, 2017.
- [8] R. D. Ugel, I. Herrera Reyes, S. Pérez, and L. López, "Comparative study of earthquake – resistant response of high rise steel building with two types of braced frames," *Rev. Ing. UC*, vol. 22, pp. 7–18, 2015.
- [9] M. L. Lara, H. Aguirre, and M. Gallegos, "Estructuras Aporticadas de Hormigón Armado que Colapsaron en el Terremoto del 16 de Abril de 2016 en Tabuga – Ecuador," *Rev. Politécnica*, vol. 42, pp. 1–10, 2018.
- [10] A. B. Acevedo and F. N. Zora Mejía, "Características estructurales de escuelas colombianas de pórticos de hormigón reforzado con mampostería no reforzada," *Ing. y Cienc.*, vol. 13, pp. 1–18, 2017.
- [11] W. Yang and Q. Yang, "Study on the Dynamic Characteristics of Light Steel Residential Structural System," *Engineering*, vol. 9, pp. 1–8, 2017.
- [12] C. Retamoso, "Herramientas Computacionales Análisis de Estructuras," 2017.

- [13] J. M. Vela and A. A. De Cea, "Análisis de estructuras de hormigón armado y pretensado," *Inf. la Construcción*, pp. 1–9, 2016.
- [14] G. KANI, *CÁLCULO DE PÓRTICOS DE VARIOS PISOS*. REVERTÉ, 1958.
- [15] A. G. Lacort, "Análisis Manual Aproximado y Exacto de Pórticos Espaciales mediante Cargas Descompuestas," *Inf. Tecnológica*, vol. 22, pp. 1–13, 2011.
- [16] J. Uribe Escamilla, *Análisis de Estructuras*, 2nd ed. Escuela colombiana de Ingeniería, 1993.
- [17] A. G. Villora and L. B. Salom, "Escenarios de riesgo sísmico del distrito del Eixample de la ciudad de Valencia," *Rev. Int. Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ing.*, vol. 31, no. ISSN 1886-158X, pp. 1–10, 2014.

6. ANEXOS

ANEXO A. Rigideces (cm³)

Nivel 6
Vigas

Tramo	Ancho (cm) <i>b</i>	Altura (cm) <i>h</i>	Inercia (cm ⁴) $I = \frac{bh^3}{12}$	Longitud (cm) <i>L</i>	Rigidez (cm ³) $k = \frac{I}{L}$
1-2	30	50	312500	600	520,83
2-3	30	50	312500	600	520,83
3-4	30	50	312500	600	520,83

Nivel 5
Vigas

Tramo	Ancho (cm) <i>b</i>	Altura (cm) <i>h</i>	Inercia (cm ⁴) $I = \frac{bh^3}{12}$	Longitud (cm) <i>L</i>	Rigidez (cm ³) $k = \frac{I}{L}$
5-6	30	50	312500	600	520,83
6-7	30	50	312500	600	520,83
7-8	30	50	312500	600	520,83

Nivel 4
Vigas

Tramo	Ancho (cm) <i>b</i>	Altura (cm) <i>h</i>	Inercia (cm ⁴) $I = \frac{bh^3}{12}$	Longitud (cm) <i>L</i>	Rigidez (cm ³) $k = \frac{I}{L}$
9-10	30	50	312500	600	520,83
10-11	30	50	312500	600	520,83
11-12	30	50	312500	600	520,83

Nivel 3
Vigas

Tramo	Ancho (cm) <i>b</i>	Altura (cm) <i>h</i>	Inercia (cm ⁴) $I = \frac{bh^3}{12}$	Longitud (cm) <i>L</i>	Rigidez (cm ³) $k = \frac{I}{L}$
13-14	40	50	416666,67	600	694,44
14-15	40	50	416666,67	600	694,44
15-16	40	50	416666,67	600	694,44

Nivel 2
Vigas

Tramo	Ancho (cm) <i>b</i>	Altura (cm) <i>h</i>	Inercia (cm ⁴) $I = \frac{bh^3}{12}$	Longitud (cm) <i>L</i>	Rigidez (cm ³) $k = \frac{I}{L}$
17-18	40	50	416666,67	600	694,44
18-19	40	50	416666,67	600	694,44
19-20	40	50	416666,67	600	694,44

Nivel 1
Vigas

Tramo	Ancho (cm) <i>b</i>	Altura (cm) <i>h</i>	Inercia (cm ⁴) $I = \frac{bh^3}{12}$	Longitud (cm) <i>L</i>	Rigidez (cm ³) $k = \frac{I}{L}$
21-22	40	50	416666,67	600	694,44
22-23	40	50	416666,67	600	694,44
23-24	40	50	416666,67	600	694,44

Entrepiso 6-5
Columnas

Tramo	Ancho (cm) <i>b</i>	Altura (cm) <i>h</i>	Inercia (cm ⁴) $I = \frac{bh^3}{12}$	Longitud (cm) <i>L</i>	Rigidez (cm ³) $k = \frac{I}{L}$
1-5	40	60	720000	300	2400
2-6	40	60	720000	300	2400
3-7	40	60	720000	300	2400
4-8	40	60	720000	300	2400

Entrepiso 5-4
Columnas

Tramo	Ancho (cm) <i>b</i>	Altura (cm) <i>h</i>	Inercia (cm ⁴) $I = \frac{bh^3}{12}$	Longitud (cm) <i>L</i>	Rigidez (cm ³) $k = \frac{I}{L}$
5-9	40	60	720000	300	2400
6-10	40	60	720000	300	2400
7-11	40	60	720000	300	2400
8-12	40	60	720000	300	2400

Entrepiso 4-3
Columnas

Tramo	Ancho (cm) <i>b</i>	Altura (cm) <i>h</i>	Inercia (cm ⁴) $I = \frac{bh^3}{12}$	Longitud (cm) <i>L</i>	Rigidez (cm ³) $k = \frac{I}{L}$
9-13	40	60	720000	300	2400
10-14	40	60	720000	300	2400
11-15	40	60	720000	300	2400
12-16	40	60	720000	300	2400

Entrepiso 3-2
Columnas

Tramo	Ancho (cm) <i>b</i>	Altura (cm) <i>h</i>	Inercia (cm ⁴) $I = \frac{bh^3}{12}$	Longitud (cm) <i>L</i>	Rigidez (cm ³) $k = \frac{I}{L}$
13-17	60	80	2560000	300	8533,33
14-18	60	80	2560000	300	8533,33
15-19	60	80	2560000	300	8533,33
16-20	60	80	2560000	300	8533,33

Entrepiso 2-1
Columnas

Tramo	Ancho (cm) <i>b</i>	Altura (cm) <i>h</i>	Inercia (cm ⁴) $I = \frac{bh^3}{12}$	Longitud (cm) <i>L</i>	Rigidez (cm ³) $k = \frac{I}{L}$
17-21	60	80	2560000	300	8533,33
18-22	60	80	2560000	300	8533,33
19-23	60	80	2560000	300	8533,33
20-24	60	80	2560000	300	8533,33

Entrepiso 1-0
Columnas

Tramo	Ancho (cm) <i>b</i>	Altura (cm) <i>h</i>	Inercia (cm ⁴) $I = \frac{bh^3}{12}$	Longitud (cm) <i>L</i>	Rigidez (cm ³) $k = \frac{I}{L}$
21-25	60	80	2560000	300	8533,33
22-26	60	80	2560000	300	8533,33
23-27	60	80	2560000	300	8533,33
24-28	60	80	2560000	300	8533,33

Fuente: El autor

ANEXO B. Factores de distribución

$$\beta = - \frac{I}{2} * \frac{K}{\Sigma K}$$

NUDOS DONDE CONCURREN 4 BARRAS

NUDO	6							Comprobación			
ΣK	=	520,83	+	520,83	+	2400,00	+	2400,00	=	5841,67	-0,500
$\beta(5-6)$	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{520,83}{5841,67}$	=			-0,045	
$\beta(6-7)$	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{520,83}{5841,67}$	=			-0,045	
$\beta(2-6)$	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{5841,67}$	=			-0,205	
$\beta(6-10)$	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{5841,67}$	=			-0,205	

NUDO	7							Comprobación			
ΣK	=	520,83	+	520,83	+	2400,00	+	2400,00	=	5841,67	-0,500
$\beta(6-7)$	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{520,83}{5841,67}$	=			-0,045	
$\beta(7-8)$	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{520,83}{5841,67}$	=			-0,045	
$\beta(3-7)$	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{5841,67}$	=			-0,205	
$\beta(7-11)$	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{5841,67}$	=			-0,205	

NUDO	10							Comprobación			
ΣK	=	520,83	+	520,83	+	2400,00	+	2400,00	=	5841,67	-0,500
$\beta(9-10)$	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{520,83}{5841,67}$	=			-0,045	
$\beta(10-11)$	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{520,83}{5841,67}$	=			-0,045	
$\beta(6-10)$	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{5841,67}$	=			-0,205	
$\beta(10-14)$	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{5841,67}$	=			-0,205	

NUDO	11							Comprobación			
ΣK	=	520,83	+	520,83	+	2400,00	+	2400,00	=	5841,67	-0,500
$\beta(10-11)$	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{520,83}{5841,67}$	=			-0,045	
$\beta(11-12)$	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{520,83}{5841,67}$	=			-0,045	
$\beta(7-11)$	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{5841,67}$	=			-0,205	
$\beta(11-15)$	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{5841,67}$	=			-0,205	

NUDO	14							Comprobación			
ΣK	=	694,44	+	694,44	+	2400,00	+	8533,33	=	12322,22	-0,500
$\beta(13-14)$	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{694,44}{12322,22}$	=			-0,028	
$\beta(14-15)$	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{694,44}{12322,22}$	=			-0,028	
$\beta(10-14)$	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{12322,22}$	=			-0,097	
$\beta(14-18)$	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{8533,33}{12322,22}$	=			-0,346	

NUDO 15								Comprobación			
ΣK	=	694,44	+	694,44	+	2400,00	+	8533,33	=	12322,22	
β(14-15)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{694,44}{12322,22}$	=			-0,028	
β(15-16)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{694,44}{12322,22}$	=			-0,028	
β(11-15)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{12322,22}$	=			-0,097	
β(15-19)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{8533,33}{12322,22}$	=			-0,346	

NUDO 18								Comprobación			
ΣK	=	694,44	+	694,44	+	8533,33	+	8533,33	=	18455,56	
β(17-18)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{694,44}{18455,56}$	=			-0,019	
β(18-19)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{694,44}{18455,56}$	=			-0,019	
β(14-18)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{8533,33}{18455,56}$	=			-0,231	
β(18-22)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{8533,33}{18455,56}$	=			-0,231	

NUDO 19								Comprobación			
ΣK	=	694,44	+	694,44	+	8533,33	+	8533,33	=	18455,56	
β(18-19)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{694,44}{18455,56}$	=			-0,019	
β(19-20)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{694,44}{18455,56}$	=			-0,019	
β(15-19)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{8533,33}{18455,56}$	=			-0,231	
β(19-23)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{8533,33}{18455,56}$	=			-0,231	

NUDO 22								Comprobación			
ΣK	=	694,44	+	694,44	+	8533,33	+	8533,33	=	18455,56	
β(21-22)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{694,44}{18455,56}$	=			-0,019	
β(22-23)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{694,44}{18455,56}$	=			-0,019	
β(18-22)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{8533,33}{18455,56}$	=			-0,231	
β(22-26)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{8533,33}{18455,56}$	=			-0,231	

NUDO 23								Comprobación			
ΣK	=	694,44	+	694,44	+	8533,33	+	8533,33	=	18455,56	
β(22-23)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{694,44}{18455,56}$	=			-0,019	
β(23-24)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{694,44}{18455,56}$	=			-0,019	
β(19-23)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{8533,33}{18455,56}$	=			-0,231	
β(23-27)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{8533,33}{18455,56}$	=			-0,231	

NUDOS DONDE CONCURREN 3 BARRAS

NUDO 2								Comprobación		
ΣK	=	520,83	+	520,83	+	2400,00	=	3441,67		
β(1-2)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{520,83}{3441,67}$	=			-0,076
β(2-3)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{520,83}{3441,67}$	=			-0,076
β(2-6)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{3441,67}$	=			-0,349

NUDO 3							Comprobación	
ΣK	=	520,83	+	520,83	+	2400,00	= 3441,67	-0,500
β(2-3)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{520,83}{3441,67}$	= -0,076	
β(3-4)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{520,83}{3441,67}$	= -0,076	
β(3-7)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{3441,67}$	= -0,349	
NUDO 5							Comprobación	
ΣK	=	520,83	+	2400,00	+	2400,00	= 5320,83	-0,500
β(5-6)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{520,83}{5320,83}$	= -0,049	
β(1-5)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{5320,83}$	= -0,226	
β(5-9)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{5320,83}$	= -0,226	
NUDO 8							Comprobación	
ΣK	=	520,83	+	2400,00	+	2400,00	= 5320,83	-0,500
β(7-8)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{520,83}{5320,83}$	= -0,049	
β(4-8)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{5320,83}$	= -0,226	
β(8-12)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{5320,83}$	= -0,226	
NUDO 9							Comprobación	
ΣK	=	520,83	+	2400,00	+	2400,00	= 5320,83	-0,500
β(9-10)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{520,83}{5320,83}$	= -0,049	
β(5-9)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{5320,83}$	= -0,226	
β(9-13)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{5320,83}$	= -0,226	
NUDO 12							Comprobación	
ΣK	=	520,83	+	2400,00	+	2400,00	= 5320,83	-0,500
β(11-12)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{520,83}{5320,83}$	= -0,049	
β(8-12)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{5320,83}$	= -0,226	
β(12-16)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{5320,83}$	= -0,226	
NUDO 13							Comprobación	
ΣK	=	694,44	+	2400,00	+	8533,33	= 11627,78	-0,500
β(13-14)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{694,44}{11627,78}$	= -0,030	
β(9-13)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{11627,78}$	= -0,103	
β(13-17)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{8533,33}{11627,78}$	= -0,367	
NUDO 16							Comprobación	
ΣK	=	694,44	+	2400,00	+	8533,33	= 11627,78	-0,500
β(15-16)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{694,44}{11627,78}$	= -0,030	
β(12-16)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{11627,78}$	= -0,103	
β(16-20)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{8533,33}{11627,78}$	= -0,367	

NUDO 17						Comprobación	
ΣK	=	694,44	+	8533,33	+	8533,33 = 17761,11	<i>-0,500</i>
β(17-18)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{694,44}{17761,11} = -0,020$	
β(13-17)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{8533,33}{17761,11} = -0,240$	
β(17-21)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{8533,33}{17761,11} = -0,240$	

NUDO 20						Comprobación	
ΣK	=	694,44	+	8533,33	+	8533,33 = 17761,11	<i>-0,500</i>
β(19-20)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{694,44}{17761,11} = -0,020$	
β(16-20)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{8533,33}{17761,11} = -0,240$	
β(20-24)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{8533,33}{17761,11} = -0,240$	

NUDO 21						Comprobación	
ΣK	=	694,44	+	8533,33	+	8533,33 = 17761,11	<i>-0,500</i>
β(21-22)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{694,44}{17761,11} = -0,020$	
β(17-21)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{8533,33333}{17761,11} = -0,240$	
β(21-25)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{8533,33}{17761,11} = -0,240$	

NUDO 24						Comprobación	
ΣK	=	694,44	+	8533,33	+	8533,33 = 17761,11	<i>-0,500</i>
β(23-24)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{694,44}{17761,11} = -0,020$	
β(20-24)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{8533,33}{17761,11} = -0,240$	
β(24-28)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{8533,33}{17761,11} = -0,240$	

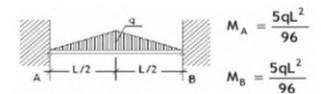
NUDOS DONDE CONCURREN 2 BARRAS

NUDO 1						Comprobación	
ΣK	=	520,83	+	2400,00	=	2920,83	<i>-0,500</i>
β(1-2)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{520,83}{2920,83} = -0,089$	
β(2-6)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{2920,83} = -0,411$	

NUDO 4						Comprobación	
ΣK	=	520,83	+	2400,00	=	2920,83	<i>-0,500</i>
β(3-4)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{520,83}{2920,83} = -0,089$	
β(4-8)	=		-	$\frac{1}{2}$	*	$\frac{2400,00}{2920,83} = -0,411$	

Fuente: El autor

ANEXO C. Momentos de empotramiento para carga viva (kg-m)



Nivel 6
Vigas

Tramo	Carga (kg/m ²) <i>Wl</i>	Ala Colaborante (m) <i>Ac</i>	Carga (kg/m) $q = Wl \times Ac$	Longitud (m) <i>L</i>	Momento de empotramiento (kg-m) $M = -\frac{5qL^2}{96}$ $M = +\frac{5qL^2}{96}$	
1-2	250	6	1500	6	-2812,500	2812,500
2-3	250	6	1500	6	-2812,500	2812,500
3-4	250	6	1500	6	-2812,500	2812,500

Nivel 5
Vigas

Tramo	Carga (kg/m ²) <i>Wl</i>	Ala Colaborante (m) <i>Ac</i>	Carga (kg/m) $q = Wl \times Ac$	Longitud (m) <i>L</i>	Momento de empotramiento (kg-m) $M = -\frac{5qL^2}{96}$ $M = +\frac{5qL^2}{96}$	
5-6	250	6	1500	6	-2812,500	2812,500
6-7	250	6	1500	6	-2812,500	2812,500
7-8	250	6	1500	6	-2812,500	2812,500

Nivel 4
Vigas

Tramo	Carga (kg/m ²) <i>Wl</i>	Ala Colaborante (m) <i>Ac</i>	Carga (kg/m) $q = Wl \times Ac$	Longitud (m) <i>L</i>	Momento de empotramiento (kg-m) $M = -\frac{5qL^2}{96}$ $M = +\frac{5qL^2}{96}$	
9-10	250	6	1500	6	-2812,500	2812,500
10-11	250	6	1500	6	-2812,500	2812,500
11-12	250	6	1500	6	-2812,500	2812,500

Nivel 3
Vigas

Tramo	Carga (kg/m ²) <i>Wl</i>	Ala Colaborante (m) <i>Ac</i>	Carga (kg/m) $q = Wl \times Ac$	Longitud (m) <i>L</i>	Momento de empotramiento (kg-m) $M = -\frac{5qL^2}{96}$ $M = +\frac{5qL^2}{96}$	
13-14	250	6	1500	6	-2812,500	2812,500
14-15	250	6	1500	6	-2812,500	2812,500
15-16	250	6	1500	6	-2812,500	2812,500

Nivel 2
Vigas

Tramo	Carga (kg/m ²) <i>Wl</i>	Ala Colaborante (m) <i>Ac</i>	Carga (kg/m) $q = Wl \times Ac$	Longitud (m) <i>L</i>	Momento de empotramiento (kg-m) $M = -\frac{5qL^2}{96}$ $M = +\frac{5qL^2}{96}$	
17-18	250	6	1500	6	-2812,500	2812,500
18-19	250	6	1500	6	-2812,500	2812,500
19-20	250	6	1500	6	-2812,500	2812,500

Nivel 1
Vigas

Tramo	Carga (kg/m ²) <i>Wl</i>	Ala Colaborante (m) <i>Ac</i>	Carga (kg/m) $q = Wl \times Ac$	Longitud (m) <i>L</i>	Momento de empotramiento (kg-m) $M = -\frac{5qL^2}{96}$ $M = +\frac{5qL^2}{96}$	
21-22	250	6	1500	6	-2812,500	2812,500
22-23	250	6	1500	6	-2812,500	2812,500
23-24	250	6	1500	6	-2812,500	2812,500

Fuente: El autor

ANEXO D. Iteraciones para carga viva (kg-m)

N		MOMENTOS - CARGA VIVA													
		CICLO 1													
$M'_{ik} = \beta \left(M_i + \sum M'_{ki} \right)$															
1	Viga	1-2	-0,089	(	-2812,500	+	0,000	+	0,000	) =	250,758		
	Columna	1-5	-0,411	(	-2812,500	+	0,000	+	0,000	) =	1155,492		
2	Viga	2-3	-0,076	(	0,000	+	0,000	+	250,758	+	0,000			
	Viga	2-1	-0,076	(	0,000	+	0,000	+	250,758	+	0,000			
	Columna	2-6	-0,349	(	0,000	+	0,000	+	250,758	+	0,000			
3	Viga	3-4	-0,076	(	0,000	+	0,000	+	-18,974	+	0,000			
	Viga	3-2	-0,076	(	0,000	+	0,000	+	-18,974	+	0,000			
	Columna	3-7	-0,349	(	0,000	+	0,000	+	-18,974	+	0,000			
4	Viga	4-3	-0,089	(	2812,500	+	1,436	+	0,000	) =	-250,886		
	Columna	4-8	-0,411	(	2812,500	+	1,436	+	0,000	) =	-1156,082		
5	Viga	5-6	-0,049	(	-2812,500	+	0,000	+	1155,492	+	0,000			
	Columna	5-1	-0,226	(	-2812,500	+	0,000	+	1155,492	+	0,000			
	Columna	5-9	-0,226	(	-2812,500	+	0,000	+	1155,492	+	0,000			
6	Viga	6-7	-0,045	(0,000	+	0,000	+	81,099	+	-87,431	+	0,000		
	Viga	6-5	-0,045	(0,000	+	0,000	+	81,099	+	-87,431	+	0,000		
	Columna	6-2	-0,205	(0,000	+	0,000	+	81,099	+	-87,431	+	0,000		
	Columna	6-10	-0,205	(0,000	+	0,000	+	81,099	+	-87,431	+	0,000		
7	Viga	7-8	-0,045	(0,000	+	0,000	+	0,282	+	6,616	+	0,000		
	Viga	7-6	-0,045	(0,000	+	0,000	+	0,282	+	6,616	+	0,000		
	Columna	7-3	-0,205	(0,000	+	0,000	+	0,282	+	6,616	+	0,000		
	Columna	7-11	-0,205	(0,000	+	0,000	+	0,282	+	6,616	+	0,000		
8	Viga	8-7	-0,049	(2812,500	+	-0,308	+	-1156,082	+	0,000) =	-81,055		
	Columna	8-4	-0,226	(2812,500	+	-0,308	+	-1156,082	+	0,000) =	-373,500		
	Columna	8-12	-0,226	(2812,500	+	-0,308	+	-1156,082	+	0,000) =	-373,500		
9	Viga	9-10	-0,049	(-2812,500	+	0,000	+	373,703	+	0,000) =	119,362		
	Columna	9-5	-0,226	(-2812,500	+	0,000	+	373,703	+	0,000) =	550,019		
	Columna	9-13	-0,226	(-2812,500	+	0,000	+	373,703	+	0,000) =	550,019		
10	Viga	10-11	-0,045	(0,000	+	0,000	+	119,362	+	1,301	+	0,000) =	-5,379

10	Viga	10-9	-0,045	(	0,000	+	0,000	+	119,362	+	1,301	+	0,000	) =	-5,379
	Columna	10-6	-0,205	(	0,000	+	0,000	+	119,362	+	1,301	+	0,000	) =	-24,787
	Columna	10-14	-0,205	(	0,000	+	0,000	+	119,362	+	1,301	+	0,000	) =	-24,787
11	Viga	11-12	-0,045	(	0,000	+	0,000	+	-5,379	+	-1,417	+	0,000	) =	0,303
	Viga	11-10	-0,045	(	0,000	+	0,000	+	-5,379	+	-1,417	+	0,000	) =	0,303
	Columna	11-7	-0,205	(	0,000	+	0,000	+	-5,379	+	-1,417	+	0,000	) =	1,396
	Columna	11-15	-0,205	(	0,000	+	0,000	+	-5,379	+	-1,417	+	0,000	) =	1,396
12	Viga	12-11	-0,049	(	2812,500	+	0,303	+	-373,500	+	0,000			) =	-119,386
	Columna	12-8	-0,226	(	2812,500	+	0,303	+	-373,500	+	0,000			) =	-550,132
	Columna	12-16	-0,226	(	2812,500	+	0,303	+	-373,500	+	0,000			) =	-550,132
13	Viga	13-14	-0,030	(	-2812,500	+	0,000	+	550,019	+	0,000			) =	67,561
	Columna	13-9	-0,103	(	-2812,500	+	0,000	+	550,019	+	0,000			) =	233,491
	Columna	13-17	-0,367	(	-2812,500	+	0,000	+	550,019	+	0,000			) =	830,189
14	Viga	14-15	-0,028	(	0,000	+	0,000	+	67,561	+	-24,787	+	0,000	) =	-1,205
	Viga	14-13	-0,028	(	0,000	+	0,000	+	67,561	+	-24,787	+	0,000	) =	-1,205
	Columna	14-10	-0,097	(	0,000	+	0,000	+	67,561	+	-24,787	+	0,000	) =	-4,166
	Columna	14-18	-0,346	(	0,000	+	0,000	+	67,561	+	-24,787	+	0,000	) =	-14,811
15	Viga	15-16	-0,028	(	0,000	+	0,000	+	-1,205	+	1,396	+	0,000	) =	-0,005
	Viga	15-14	-0,028	(	0,000	+	0,000	+	-1,205	+	1,396	+	0,000	) =	-0,005
	Columna	15-11	-0,097	(	0,000	+	0,000	+	-1,205	+	1,396	+	0,000	) =	-0,019
	Columna	15-19	-0,346	(	0,000	+	0,000	+	-1,205	+	1,396	+	0,000	) =	-0,066
16	Viga	16-15	-0,030	(	2812,500	+	-0,005	+	-550,132	+	0,000			) =	-67,557
	Columna	16-12	-0,103	(	2812,500	+	-0,005	+	-550,132	+	0,000			) =	-233,478
	Columna	16-20	-0,367	(	2812,500	+	-0,005	+	-550,132	+	0,000			) =	-830,145
17	Viga	17-18	-0,020	(	-2812,500	+	0,000	+	830,189	+	0,000			) =	38,753
	Columna	17-13	-0,240	(	-2812,500	+	0,000	+	830,189	+	0,000			) =	476,201
	Columna	17-21	-0,240	(	-2812,500	+	0,000	+	830,189	+	0,000			) =	476,201
18	Viga	18-19	-0,019	(	0,000	+	0,000	+	38,753	+	-14,811	+	0,000	) =	-0,450
	Viga	18-17	-0,019	(	0,000	+	0,000	+	38,753	+	-14,811	+	0,000	) =	-0,450
	Columna	18-14	-0,231	(	0,000	+	0,000	+	38,753	+	-14,811	+	0,000	) =	-5,535
	Columna	18-22	-0,231	(	0,000	+	0,000	+	38,753	+	-14,811	+	0,000	) =	-5,535

19	Viga	19-20	-0,019	(	0,000	+	0,000	+	-0,450	+	-0,066	+	0,000	) =	0,010
	Viga	19-18	-0,019	(	0,000	+	0,000	+	-0,450	+	-0,066	+	0,000	) =	0,010
	Columna	19-15	-0,231	(	0,000	+	0,000	+	-0,450	+	-0,066	+	0,000	) =	0,119
	Columna	19-23	-0,231	(	0,000	+	0,000	+	-0,450	+	-0,066	+	0,000	) =	0,119
20	Viga	20-19	-0,020	(	2812,500	+	0,010	+	-830,145	+	0,000			) =	-38,754
	Columna	20-16	-0,240	(	2812,500	+	0,010	+	-830,145	+	0,000			) =	-476,214
	Columna	20-24	-0,240	(	2812,500	+	0,010	+	-830,145	+	0,000			) =	-476,214
21	Viga	21-22	-0,020	(	-2812,500	+	0,000	+	476,201	+	0,000			) =	45,674
	Columna	21-17	-0,240	(	-2812,500	+	0,000	+	476,201	+	0,000			) =	561,238
	Columna	21-25	-0,240	(	-2812,500	+	0,000	+	476,201	+	0,000			) =	561,238
22	Viga	22-23	-0,019	(	0,000	+	0,000	+	45,674	+	-5,535	+	0,000	) =	-0,755
	Viga	22-21	-0,019	(	0,000	+	0,000	+	45,674	+	-5,535	+	0,000	) =	-0,755
	Columna	22-18	-0,231	(	0,000	+	0,000	+	45,674	+	-5,535	+	0,000	) =	-9,279
	Columna	22-26	-0,231	(	0,000	+	0,000	+	45,674	+	-5,535	+	0,000	) =	-9,279
23	Viga	23-24	-0,019	(	0,000	+	0,000	+	-0,755	+	0,119	+	0,000	) =	0,012
	Viga	23-22	-0,019	(	0,000	+	0,000	+	-0,755	+	0,119	+	0,000	) =	0,012
	Columna	23-19	-0,231	(	0,000	+	0,000	+	-0,755	+	0,119	+	0,000	) =	0,147
	Columna	23-27	-0,231	(	0,000	+	0,000	+	-0,755	+	0,119	+	0,000	) =	0,147
24	Viga	24-23	-0,020	(	2812,500	+	0,012	+	-476,214	+	0,000			) =	-45,674
	Columna	24-20	-0,240	(	2812,500	+	0,012	+	-476,214	+	0,000			) =	-561,238
	Columna	24-28	-0,240	(	2812,500	+	0,012	+	-476,214	+	0,000			) =	-561,238

N	MOMENTOS - CARGA VIVA										
	CICLO 2										
$M'_{ik} = \beta \left(M_i + \sum M'_{ki} \right)$											
1	Viga	1-2	-0,089	(	-2812,500	+	-18,974	+	373,703	) =	219,131
	Columna	1-5	-0,411	(	-2812,500	+	-18,974	+	373,703	) =	1009,755
2	Viga	2-3	-0,076	(	0,000	+	1,436	+	219,131	+	1,301
	Viga	2-1	-0,076	(	0,000	+	1,436	+	219,131	+	1,301
	Columna	2-6	-0,349	(	0,000	+	1,436	+	219,131	+	1,301
3	Viga	3-4	-0,076	(	0,000	+	-250,886	+	-16,788	+	-1,417
	Viga	3-2	-0,076	(	0,000	+	-250,886	+	-16,788	+	-1,417
	Columna	3-7	-0,349	(	0,000	+	-250,886	+	-16,788	+	-1,417
4	Viga	4-3	-0,089	(	2812,500	+	20,361	+	-373,500	) =	-219,273
	Columna	4-8	-0,411	(	2812,500	+	20,361	+	-373,500	) =	-1010,408
5	Viga	5-6	-0,049	(	-2812,500	+	0,282	+	1009,755	+	550,019
	Columna	5-1	-0,226	(	-2812,500	+	0,282	+	1009,755	+	550,019
	Columna	5-9	-0,226	(	-2812,500	+	0,282	+	1009,755	+	550,019
6	Viga	6-7	-0,045	(	0,000	+	-0,308	+	61,298	+	-77,358
	Viga	6-5	-0,045	(	0,000	+	-0,308	+	61,298	+	-77,358
	Columna	6-2	-0,205	(	0,000	+	-0,308	+	61,298	+	-77,358
	Columna	6-10	-0,205	(	0,000	+	-0,308	+	61,298	+	-77,358
7	Viga	7-8	-0,045	(	0,000	+	-81,055	+	1,835	+	93,823
	Viga	7-6	-0,045	(	0,000	+	-81,055	+	1,835	+	93,823
	Columna	7-3	-0,205	(	0,000	+	-81,055	+	1,835	+	93,823
	Columna	7-11	-0,205	(	0,000	+	-81,055	+	1,835	+	93,823
8	Viga	8-7	-0,049	(	2812,500	+	-0,713	+	-1010,408	+	-550,132
	Columna	8-4	-0,226	(	2812,500	+	-0,713	+	-1010,408	+	-550,132
	Columna	8-12	-0,226	(	2812,500	+	-0,713	+	-1010,408	+	-550,132
9	Viga	9-10	-0,049	(	-2812,500	+	-5,379	+	282,462	+	233,491
	Columna	9-5	-0,226	(	-2812,500	+	-5,379	+	282,462	+	233,491
	Columna	9-13	-0,226	(	-2812,500	+	-5,379	+	282,462	+	233,491
10	Viga	10-11	-0,045	(	0,000	+	0,303	+	112,663	+	8,454
	Viga	10-9	-0,045	(	0,000	+	0,303	+	112,663	+	8,454

10	Columna	10-6	-0,205	(	0,000	+	0,303	+	112,663	+	8,454	+	-4,166	) =	-24,086
	Columna	10-14	-0,205	(	0,000	+	0,303	+	112,663	+	8,454	+	-4,166	) =	-24,086
11	Viga	11-12	-0,045	(	0,000	+	-119,386	+	-5,227	+	-3,287	+	-0,019	) =	5,703
	Viga	11-10	-0,045	(	0,000	+	-119,386	+	-5,227	+	-3,287	+	-0,019	) =	5,703
	Columna	11-7	-0,205	(	0,000	+	-119,386	+	-5,227	+	-3,287	+	-0,019	) =	26,277
	Columna	11-15	-0,205	(	0,000	+	-119,386	+	-5,227	+	-3,287	+	-0,019	) =	26,277
12	Viga	12-11	-0,049	(	2812,500	+	5,703	+	-282,192	+	-233,478	) =	-112,692		
	Columna	12-8	-0,226	(	2812,500	+	5,703	+	-282,192	+	-233,478	) =	-519,287		
	Columna	12-16	-0,226	(	2812,500	+	5,703	+	-282,192	+	-233,478	) =	-519,287		
13	Viga	13-14	-0,030	(	-2812,500	+	-1,205	+	519,150	+	476,201	) =	54,299		
	Columna	13-9	-0,103	(	-2812,500	+	-1,205	+	519,150	+	476,201	) =	187,656		
	Columna	13-17	-0,367	(	-2812,500	+	-1,205	+	519,150	+	476,201	) =	667,222		
14	Viga	14-15	-0,028	(	0,000	+	-0,005	+	54,299	+	-24,086	+	-5,535	) =	-0,695
	Viga	14-13	-0,028	(	0,000	+	-0,005	+	54,299	+	-24,086	+	-5,535	) =	-0,695
	Columna	14-10	-0,097	(	0,000	+	-0,005	+	54,299	+	-24,086	+	-5,535	) =	-2,403
	Columna	14-18	-0,346	(	0,000	+	-0,005	+	54,299	+	-24,086	+	-5,535	) =	-8,543
15	Viga	15-16	-0,028	(	0,000	+	-67,557	+	-0,695	+	26,277	+	0,119	) =	1,179
	Viga	15-14	-0,028	(	0,000	+	-67,557	+	-0,695	+	26,277	+	0,119	) =	1,179
	Columna	15-11	-0,097	(	0,000	+	-67,557	+	-0,695	+	26,277	+	0,119	) =	4,076
	Columna	15-19	-0,346	(	0,000	+	-67,557	+	-0,695	+	26,277	+	0,119	) =	14,493
16	Viga	16-15	-0,030	(	2812,500	+	1,179	+	-519,287	+	-476,214	) =	-54,293		
	Columna	16-12	-0,103	(	2812,500	+	1,179	+	-519,287	+	-476,214	) =	-187,638		
	Columna	16-20	-0,367	(	2812,500	+	1,179	+	-519,287	+	-476,214	) =	-667,158		
17	Viga	17-18	-0,020	(	-2812,500	+	-0,450	+	667,222	+	561,238	) =	30,976		
	Columna	17-13	-0,240	(	-2812,500	+	-0,450	+	667,222	+	561,238	) =	380,635		
	Columna	17-21	-0,240	(	-2812,500	+	-0,450	+	667,222	+	561,238	) =	380,635		
18	Viga	18-19	-0,019	(	0,000	+	0,010	+	30,976	+	-8,543	+	-9,279	) =	-0,248
	Viga	18-17	-0,019	(	0,000	+	0,010	+	30,976	+	-8,543	+	-9,279	) =	-0,248
	Columna	18-14	-0,231	(	0,000	+	0,010	+	30,976	+	-8,543	+	-9,279	) =	-3,043
	Columna	18-22	-0,231	(	0,000	+	0,010	+	30,976	+	-8,543	+	-9,279	) =	-3,043
19	Viga	19-20	-0,019	(	0,000	+	-38,754	+	-0,248	+	14,493	+	0,147	) =	0,458
	Viga	19-18	-0,019	(	0,000	+	-38,754	+	-0,248	+	14,493	+	0,147	) =	0,458

19	Columna	19-15	-0,231	(	0,000	+	-38,754	+	-0,248	+	14,493	+	0,147	) =	5,632
	Columna	19-23	-0,231	(	0,000	+	-38,754	+	-0,248	+	14,493	+	0,147	) =	5,632
20	Viga	20-19	-0,020	(	2812,500	+	0,458	+	-667,158	+	-561,238	) =	-30,978		
	Columna	20-16	-0,240	(	2812,500	+	0,458	+	-667,158	+	-561,238	) =	-380,652		
	Columna	20-24	-0,240	(	2812,500	+	0,458	+	-667,158	+	-561,238	) =	-380,652		
21	Viga	21-22	-0,020	(	-2812,500	+	-0,755	+	380,635	+	0,000	) =	47,557		
	Columna	21-17	-0,240	(	-2812,500	+	-0,755	+	380,635	+	0,000	) =	584,377		
	Columna	21-25	-0,240	(	-2812,500	+	-0,755	+	380,635	+	0,000	) =	584,377		
22	Viga	22-23	-0,019	(	0,000	+	0,012	+	47,557	+	-3,043	+	0,000	) =	-0,838
	Viga	22-21	-0,019	(	0,000	+	0,012	+	47,557	+	-3,043	+	0,000	) =	-0,838
	Columna	22-18	-0,231	(	0,000	+	0,012	+	47,557	+	-3,043	+	0,000	) =	-10,294
	Columna	22-26	-0,231	(	0,000	+	0,012	+	47,557	+	-3,043	+	0,000	) =	-10,294
23	Viga	23-24	-0,019	(	0,000	+	-45,674	+	-0,838	+	5,632	+	0,000	) =	0,769
	Viga	23-22	-0,019	(	0,000	+	-45,674	+	-0,838	+	5,632	+	0,000	) =	0,769
	Columna	23-19	-0,231	(	0,000	+	-45,674	+	-0,838	+	5,632	+	0,000	) =	9,451
	Columna	23-27	-0,231	(	0,000	+	-45,674	+	-0,838	+	5,632	+	0,000	) =	9,451
24	Viga	24-23	-0,020	(	2812,500	+	0,769	+	-380,652	+	0,000	) =	-47,557		
	Columna	24-20	-0,240	(	2812,500	+	0,769	+	-380,652	+	0,000	) =	-584,376		
	Columna	24-28	-0,240	(	2812,500	+	0,769	+	-380,652	+	0,000	) =	-584,376		

Fuente: El autor

ANEXO E. Esquema de iteraciones para carga viva (kg-m)

1				2				3				4																			
-2812,500		-0,089		-2812,500		0,000		-0,076		0,000		-0,076		-2812,500		2812,500		-0,089		2812,500											
-0,411		0,000		250,758		-18,974		-0,349		-18,974		1,436		-250,886		20,361		-219,273		-0,411		0,000									
1605,188		1155,492		227,071		-19,362		-66,062		-87,431		-19,362		18,305		66,062		6,616		18,305		-227,230		-1605,188		-1156,082					
277,899		1009,755		227,446		-19,420		12,227		-77,358		-19,420		19,467		-12,227		93,823		19,467		-227,483		-277,899		-1010,408					
277,899		1046,342		227,712		-19,605		12,227		-89,219		-19,605		19,584		-12,227		84,350		19,584		-227,736		-277,899		-1047,077					
277,898		1048,073		227,733		-19,633		12,227		-89,487		-19,633		19,640		-12,228		89,706		19,640		-227,741		-277,898		-1048,241					
277,896		1049,296		227,733		-19,642		12,227		-90,339		-19,642		19,644		-12,232		90,241		19,644		-227,735		-277,892		-1049,409					
277,885		1049,396		227,732		-19,643		12,217		-90,470		-19,643		19,644		-12,237		90,500		19,644		-227,733		-277,869		-1049,430					
277,847		1049,392		227,732		-19,643		12,157		-90,511		-19,643		19,643		-12,189		90,521		19,643		-227,732		-277,799		-1049,403					
277,905		1049,391		227,732		-19,643		11,919		-90,516		-19,643		19,643		-11,728		90,518		19,643		-227,732		-277,793		-1049,393					
280,822		1049,390		-2376,679		3000,946		10,903		-90,515		-2832,143		2832,143		-10,631		90,516		-3000,946		2376,679		-280,519		-1049,391					
282,462		1049,390		0,000		0,000		8,454		-90,515		-3,287		90,515		-3,287		90,515		-282,192		-1049,390		-282,192		-1049,390					
373,703		2376,679		0,000		0,000		1,301		-168,803		-1,417		168,804		-1,417		168,804		-373,500		-2376,679		-373,500		-2376,679					
0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000					
-0,226		-0,049		-2812,500		2812,500		-0,045		0,000		-0,045		-2812,500		2812,500		-0,045		0,000		-0,045		-2812,500		2812,500		-0,226			
-0,226		0,000		0,000		0,000		-0,205		0,000		-0,205		0,000		0,000		-0,205		0,000		-0,205		0,000		0,000		-0,226			
1334,387		373,703		61,298		1,835		0,000		1,835		-0,713		0,000		0,000		-0,713		-61,240		0,000		0,000		0,000		-1334,387		-373,500	
528,244		282,462		60,942		2,366		-41,093		1,301		2,366		-2,307		-41,093		-1,417		-2,307		-60,877		-1334,387		-373,500		-528,244		-282,192	
528,244		280,822		60,297		2,638		-26,660		10,903		2,638		-2,645		26,660		-10,631		-2,645		-60,286		-528,244		-280,519		-528,244		-280,519	
528,244		277,905		60,305		2,651		-26,660		11,919		2,651		-2,656		26,661		-11,728		-2,656		-60,301		-528,244		-277,793		-528,244		-277,793	
528,247		277,847		60,307		2,653		-26,661		12,157		2,653		-2,655		26,664		-12,189		-2,655		-60,306		-528,248		-277,799		-528,248		-277,799	
528,258		277,885		60,308		2,654		-26,663		12,217		2,654		-2,654		26,674		-12,237		-2,654		-60,308		-528,263		-277,869		-528,263		-277,869	
528,319		277,896		60,308		2,653		-26,662		12,227		2,653		-2,653		26,705		-12,232		-2,653		-60,308		-528,337		-277,892		-528,337		-277,892	
528,637		277,898		60,308		2,653		-26,661		12,227		2,653		-2,653		26,745		-12,228		-2,653		-60,308		-528,677		-277,898		-528,677		-277,898	
529,823		277,899		-2689,231		2878,115		-26,537		12,227		-2809,847		2809,847		25,679		-12,227		-2878,115		2689,231		-529,973		-277,899		-529,973		-277,899	
519,150		277,899		-24,086		12,227		-24,086		12,227		-24,086		12,227		26,277		-12,227		-24,086		12,227		-519,287		-277,899		-519,287		-277,899	
550,019		1084,042		0,000		0,000		-24,787		-2,206		-24,787		-2,206		1,396		2,206		-550,132		-1084,042		-550,132		-1084,042		-550,132		-1084,042	
0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	
-0,226		-0,049		-2812,500		2812,500		-0,045		0,000		-0,045		-2812,500		2812,500		-0,045		0,000		-0,045		-2812,500		2812,500		-0,226			
-0,226		0,000		119,362		-5,379		-0,205		0,000		-0,205		0,000		0,000		-0,205		0,000		-0,205		0,000		0,000		-0,226			
924,522		550,019		114,979		-5,759		-32,395		-24,787		-5,759		5,573		32,395		1,396		5,573		-115,012		-924,522		-550,132		-924,522		-550,132	
198,139		519,150		114,721		-5,771		-2,868		-24,086		-5,771		5,804		2,868		26,277		5,804		-114,730		-198,139		-519,287		-198,139		-519,287	
198,139		529,823		114,652		-5,786		-2,867		-26,537		-5,786		5,795		2,867		25,679		5,795		-114,656		-198,139		-529,973		-198,139		-529,973	
198,139		528,637		114,639		-5,786		-2,867		-26,591		-5,786		5,789		2,867		26,745		5,789		-114,640		-198,139		-528,677		-198,139		-528,677	
198,138		528,319		114,637		-5,786		-2,866		-26,662		-5,786		5,786		2,866		26,705		5,786		-114,637		-198,137		-528,337		-198,137		-528,337	
198,130		528,258		114,636		-5,786		-2,863		-26,663		-5,786		5,786		2,859		26,674		5,786		-114,636		-198,130		-528,263		-198,130		-528,263	
198,089		528,247		114,636		-5,786		-2,852		-26,661		-5,786		5,786		2,829		26,664		5,786		-114,636		-198,087		-528,248		-198,087		-528,248	
197,844		528,244		114,636		-5,786		-2,820		-26,660		-5,786		5,786		2,704		26,661		5,786		-114,636		-197,836		-528,244		-197,836		-528,244	
196,365		528,244		-2589,013		2915,565		-2,767		-26,660		-2818,286		2818,286		2,316		26,660		-2915,565		2589,013		-196,345		-528,244		-196,345		-528,244	
187,656		528,244		-2,403		-26,660		-2,403		-26,660		-2,403		-26,660		4,076		26,660		-187,638		-528,244		-187,638		-528,244		-187,638		-528,244	
233,491		1254,627		-4,166		-56,187		-4,166		-56,187		-4,166		-56,187		-0,019		56,187		-233,478		-1254,627		-233,478		-1254,627		-233,478		-1254,627	
0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	
-0,226		-0,049		-2812,500		2812,500		-0,045		0,000		-0,045		-2812,500		2812,500		-0,045		0,000		-0,045		-2812,500		2812,500		-0,226			
-0,226		0,000		112,663		-5,227		-0,205		0,000		-0,205		0,000		0,000		-0,205		0,000		-0,205		0,000		0,000		-0,226			
924,522		550,019		114,979		-5,759		-32,395		-24,787		-5,759		5,573		32,395		1,396		5,573		-115,012		-924,522		-550,132		-924,522		-550,132	
198,139		519,150		114,721		-5,771		-2,868		-24,086		-5,771		5,804		2,868		26,277		5,804		-114,730		-198,139		-519,287		-198,139		-519,287	
198,139		529,823		114,652		-5,786		-2,867		-26,537		-5,786		5,795		2,867		25,679		5,795		-114,656		-198,139		-529,973		-198,139		-529,973	
198,139		528,637		114,639		-5,786		-2,867		-26,591		-5,786		5,789		2,867		26,745		5,789		-114,640		-198,139		-528,677		-198,139		-528,677	
198,138		528,319		114,637		-5,786		-2,866		-26,662		-5,786		5,786		2,866		26,705		5,786		-114,637		-198,137		-528,337		-198,137		-528,337	
198,130		528,258		114,636		-5,786		-2,863		-26,663		-5,786		5,786		2,859		26,674		5,786		-114,636									

ANEXO F. Momentos Finales para carga viva (kg-m)

MOMENTOS FINALES - CARGA VIVA													
$M_{IK} = \bar{M}_{ik} + 2M''_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik}$													
1	Viga	1-2	-2812,5	+	2	*	227,732175	+	-19,64303252	+	0	=	-2376,679
	Columna	1-5	0	+	2	*	1049,389863	+	277,8992309	+	0	=	2376,679
2	Viga	2-3	-2812,5	+	2	*	-19,64303252	+	19,6430427	+	0	=	-2832,143
	Viga	2-1	2812,5	+	2	*	-19,64303252	+	227,732175	+	0	=	3000,946
	Columna	2-6	0	+	2	*	-90,51509384	+	12,22673078	+	0	=	-168,803
3	Viga	3-4	-2812,5	+	2	*	19,6430427	+	-227,7321785	+	0	=	-3000,946
	Viga	3-2	2812,5	+	2	*	19,6430427	+	-19,64303252	+	0	=	2832,143
	Columna	3-7	0	+	2	*	90,51514077	+	-12,22674766	+	0	=	168,804
4	Viga	4-3	2812,5	+	2	*	-227,7321785	+	19,6430427	+	0	=	2376,679
	Columna	4-8	0	+	2	*	-1049,389879	+	-277,8992365	+	0	=	-2376,679
5	Viga	5-6	-2812,5	+	2	*	60,30799282	+	2,653370395	+	0	=	-2689,231
	Columna	5-1	0	+	2	*	277,8992309	+	1049,389863	+	0	=	1605,188
	Columna	5-9	0	+	2	*	277,8992309	+	528,2436839	+	0	=	1084,042
6	Viga	6-7	-2812,5	+	2	*	2,653370395	+	-2,653374057	+	0	=	-2809,847
	Viga	6-5	2812,5	+	2	*	2,653370395	+	60,30799282	+	0	=	2878,115
	Columna	6-2	0	+	2	*	12,22673078	+	-90,51509384	+	0	=	-66,062
	Columna	6-10	0	+	2	*	12,22673078	+	-26,65972615	+	0	=	-2,206
7	Viga	7-8	-2812,5	+	2	*	-2,653374057	+	-60,30799404	+	0	=	-2878,115
	Viga	7-6	2812,5	+	2	*	-2,653374057	+	2,653370395	+	0	=	2809,847
	Columna	7-3	0	+	2	*	-12,22674766	+	90,51514077	+	0	=	66,062
	Columna	7-11	0	+	2	*	-12,22674766	+	26,65973093	+	0	=	2,206
8	Viga	8-7	2812,5	+	2	*	-60,30799404	+	-2,653374057	+	0	=	2689,231
	Columna	8-4	0	+	2	*	-277,8992365	+	-1049,389879	+	0	=	-1605,188
	Columna	8-12	0	+	2	*	-277,8992365	+	-528,2436746	+	0	=	-1084,042
9	Viga	9-10	-2812,5	+	2	*	114,6362161	+	-5,785530848	+	0	=	-2589,013
	Columna	9-5	0	+	2	*	528,2436839	+	277,8992309	+	0	=	1334,387
	Columna	9-13	0	+	2	*	528,2436839	+	198,1392165	+	0	=	1254,627
10	Viga	10-11	-2812,5	+	2	*	-5,785530848	+	5,785531886	+	0	=	-2818,286
	Viga	10-9	2812,5	+	2	*	-5,785530848	+	114,6362161	+	0	=	2915,565
	Columna	10-6	0	+	2	*	-26,65972615	+	12,22673078	+	0	=	-41,093
	Columna	10-14	0	+	2	*	-26,65972615	+	-2,867538786	+	0	=	-56,187
11	Viga	11-12	-2812,5	+	2	*	5,785531886	+	-114,6362141	+	0	=	-2915,565
	Viga	11-10	2812,5	+	2	*	5,785531886	+	-5,785530848	+	0	=	2818,286
	Columna	11-7	0	+	2	*	26,65973093	+	-12,22674766	+	0	=	41,093
	Columna	11-15	0	+	2	*	26,65973093	+	2,867537026	+	0	=	56,187
12	Viga	12-11	2812,5	+	2	*	-114,6362141	+	5,785531886	+	0	=	2589,013
	Columna	12-8	0	+	2	*	-528,2436746	+	-277,8992365	+	0	=	-1334,387
	Columna	12-16	0	+	2	*	-528,2436746	+	-198,1392206	+	0	=	-1254,627
13	Viga	13-14	-2812,5	+	2	*	57,33194923	+	-0,829727658	+	0	=	-2698,666
	Columna	13-9	0	+	2	*	198,1392165	+	528,2436839	+	0	=	924,522
	Columna	13-17	0	+	2	*	704,4949921	+	365,1536364	+	0	=	1774,144
14	Viga	14-15	-2812,5	+	2	*	-0,829727658	+	0,829727149	+	0	=	-2813,330
	Viga	14-13	2812,5	+	2	*	-0,829727658	+	57,33194923	+	0	=	2868,172
	Columna	14-10	0	+	2	*	-2,867538786	+	-26,65972615	+	0	=	-32,395
	Columna	14-18	0	+	2	*	-10,19569346	+	-2,056487239	+	0	=	-22,448
15	Viga	15-16	-2812,5	+	2	*	0,829727149	+	-57,33195042	+	0	=	-2868,172
	Viga	15-14	2812,5	+	2	*	0,829727149	+	-0,829727658	+	0	=	2813,330
	Columna	15-11	0	+	2	*	2,867537026	+	26,65973093	+	0	=	32,395
	Columna	15-19	0	+	2	*	10,1956872	+	2,056489058	+	0	=	22,448
16	Viga	16-15	2812,5	+	2	*	-57,33195042	+	0,829727149	+	0	=	2698,666
	Columna	16-12	0	+	2	*	-198,1392206	+	-528,2436746	+	0	=	-924,522
	Columna	16-20	0	+	2	*	-704,4950067	+	-365,1536303	+	0	=	-1774,144
17	Viga	17-18	-2812,5	+	2	*	29,71627901	+	-0,16735736	+	0	=	-2753,235
	Columna	17-13	0	+	2	*	365,1536364	+	704,4949921	+	0	=	1434,802
	Columna	17-21	0	+	2	*	365,1536364	+	588,1252871	+	0	=	1318,433
18	Viga	18-19	-2812,5	+	2	*	-0,16735736	+	0,167357508	+	0	=	-2812,667
	Viga	18-17	2812,5	+	2	*	-0,16735736	+	29,71627901	+	0	=	2841,882
	Columna	18-14	0	+	2	*	-2,056487239	+	-10,19569346	+	0	=	-14,309
	Columna	18-22	0	+	2	*	-2,056487239	+	-10,79258993	+	0	=	-14,906
19	Viga	19-20	-2812,5	+	2	*	0,167357508	+	-29,71627851	+	0	=	-2841,882
	Viga	19-18	2812,5	+	2	*	0,167357508	+	-0,16735736	+	0	=	2812,667

19	Columna	19-15	0	+	2	*	2,056489058	+	10,1956872	+	0	=	14,309
	Columna	19-23	0	+	2	*	2,056489058	+	10,79258965	+	0	=	14,906
20	Viga	20-19	2812,5	+	2	*	-29,71627851	+	0,167357508	+	0	=	2753,235
	Columna	20-16	0	+	2	*	-365,1536303	+	-704,4950067	+	0	=	-1434,802
20	Columna	20-24	0	+	2	*	-365,1536303	+	-588,125289	+	0	=	-1318,433
	Viga	21-22	-2812,5	+	2	*	47,86175839	+	-0,878303217	+	0	=	-2717,655
21	Columna	21-17	0	+	2	*	588,1252871	+	365,1536364	+	0	=	1541,404
	Columna	21-25	0	+	2	*	588,1252871	+	0	+	0	=	1176,251
22	Viga	22-23	-2812,5	+	2	*	-0,878303217	+	0,878303194	+	0	=	-2813,378
	Viga	22-21	2812,5	+	2	*	-0,878303217	+	47,86175839	+	0	=	2858,605
22	Columna	22-18	0	+	2	*	-10,79258993	+	-2,056487239	+	0	=	-23,642
	Columna	22-26	0	+	2	*	-10,79258993	+	0	+	0	=	-21,585
23	Viga	23-24	-2812,5	+	2	*	0,878303194	+	-47,86175854	+	0	=	-2858,605
	Viga	23-22	2812,5	+	2	*	0,878303194	+	-0,878303217	+	0	=	2813,378
23	Columna	23-19	0	+	2	*	10,79258965	+	2,056489058	+	0	=	23,642
	Columna	23-27	0	+	2	*	10,79258965	+	0	+	0	=	21,585
24	Viga	24-23	2812,5	+	2	*	-47,86175854	+	0,878303194	+	0	=	2717,655
	Columna	24-20	0	+	2	*	-588,125289	+	-365,1536303	+	0	=	-1541,404
24	Columna	24-28	0	+	2	*	-588,125289	+	0	+	0	=	-1176,251
	Columna	25-21	0	+	2	*	0	+	588,1252871	+	0	=	588,125
26	Columna	26-22	0	+	2	*	0	+	-10,79258993	+	0	=	-10,793
27	Columna	27-23	0	+	2	*	0	+	10,79258965	+	0	=	10,793
28	Columna	28-24	0	+	2	*	0	+	-588,125289	+	0	=	-588,125

Fuente: El autor

Momentos Máximos (kg-m)

Viga	Mfi (kg-m)	Mfj (kg-m)	L (m)	qi (kg/m)	Rh (kg)	Ri (kg)	Rj (kg)	ri (kg)	rj (kg)	Xo (m)	Mmáx
					$R_h = \frac{M_{fi} + M_{fj}}{L}$	$R_i = \frac{q_i \times L}{4}$	$R_j = \frac{q_j \times L}{4}$	$r_i = R_i - R_h$	$r_j = R_j + R_h$	$X_o = \frac{L}{2}$	$M_{máx} = r_i X_o + M_{fi} - \frac{q_i X_o^2}{3L}$
1-2	-2376,679	3000,946	6	1500	104,0445713	2250	2250	2145,955	2354,045	3,000	1811,188
2-3	-2832,143	2832,143	6	1500	5,09289E-06	2250	2250	2250,000	2250,000	3,000	1667,857
3-4	-3000,946	2376,679	6	1500	-104,0445679	2250	2250	2354,045	2145,955	3,000	1811,188
5-6	-2689,231	2878,115	6	1500	31,48068161	2250	2250	2218,519	2281,481	3,000	1716,327
6-7	-2809,847	2809,847	6	1500	-1,83112E-06	2250	2250	2250,000	2250,000	3,000	1690,153
7-8	-2878,115	2689,231	6	1500	-31,48068405	2250	2250	2281,481	2218,519	3,000	1716,327
9-10	-2589,013	2915,565	6	1500	54,42534263	2250	2250	2195,575	2304,425	3,000	1747,711
10-11	-2818,286	2818,286	6	1500	5,19304E-07	2250	2250	2250,000	2250,000	3,000	1681,714
11-12	-2915,565	2589,013	6	1500	-54,42534111	2250	2250	2304,425	2195,575	3,000	1747,711
13-14	-2698,666	2868,172	6	1500	28,25111078	2250	2250	2221,749	2278,251	3,000	1716,581
14-15	-2813,330	2813,330	6	1500	-2,54534E-07	2250	2250	2250,000	2250,000	3,000	1686,670
15-16	-2868,172	2698,666	6	1500	-28,25111163	2250	2250	2278,251	2221,749	3,000	1716,581
17-18	-2753,235	2841,882	6	1500	14,77446082	2250	2250	2235,226	2264,774	3,000	1702,442
18-19	-2812,667	2812,667	6	1500	7,40045E-08	2250	2250	2250,000	2250,000	3,000	1687,333
19-20	-2841,882	2753,235	6	1500	-14,7744605	2250	2250	2264,774	2235,226	3,000	1702,442
21-22	-2717,655	2858,605	6	1500	23,49172759	2250	2250	2226,508	2273,492	3,000	1711,870
22-23	-2813,378	2813,378	6	1500	-1,13661E-08	2250	2250	2250,000	2250,000	3,000	1686,622
23-24	-2858,605	2717,655	6	1500	-23,49172767	2250	2250	2273,492	2226,508	3,000	1711,870

Viga	a	b	c	d	Δ0	Δ1	Δ	C
			$c = \frac{r_i \cdot 3L}{q_i}$	$d = \frac{M_{fi} \cdot 3L}{q_i}$	$\Delta_0 = b^2 - 3ac$	$\Delta_1 = 2b^3 - 9abc + 27a^2d$	$\Delta = \frac{\Delta_1^2 - 4\Delta_0^3}{-27a^2}$	$C = \sqrt[3]{\frac{\Delta_1^2 - 4\Delta_0^3 + \Delta_1}{2}}$
1-2	-1,000	0,000	25,751	-28,520	77,254	-770,044	-46345,333	6,58145383496847+5,82570689728043i
2-3	-1,000	0,000	27,000	-33,986	81,000	-917,614	-47546,219	6,58206554980499+6,13811151045062i
3-4	-1,000	0,000	28,249	-36,011	84,746	-972,307	-55152,958	6,74917154958526+6,26053414964581i
5-6	-1,000	0,000	26,622	-32,271	79,867	-871,311	-47355,440	6,58482259998082+6,04208629440168i
6-7	-1,000	0,000	27,000	-33,718	81,000	-910,390	-48035,314	6,59506262148604+6,12414476352395i
7-8	-1,000	0,000	27,378	-34,537	82,133	-932,509	-49876,749	6,63582444914912+6,17244995976782i
9-10	-1,000	0,000	26,347	-31,068	79,041	-838,840	-47094,511	6,58453266456828+5,97366028950543i
10-11	-1,000	0,000	27,000	-33,819	81,000	-913,125	-47850,653	6,59015469311153+6,12942583788768i
11-12	-1,000	0,000	27,653	-34,987	82,959	-944,643	-51534,647	6,67256117821799+6,1996967347598i
13-14	-1,000	0,000	26,661	-32,384	79,983	-874,368	-47487,877	6,58756059774951+6,04871931757182i
14-15	-1,000	0,000	27,000	-33,760	81,000	-911,519	-47959,164	6,59303856503203+6,12632373362391i
15-16	-1,000	0,000	27,339	-34,418	82,017	-929,288	-49750,786	6,63332980042873+6,16570967347565i
17-18	-1,000	0,000	26,823	-33,039	80,468	-892,048	-47718,985	6,59023580660363+6,08579587430453i
18-19	-1,000	0,000	27,000	-33,752	81,000	-911,304	-47973,652	6,59342365203457+6,12590928288421i
19-20	-1,000	0,000	27,177	-34,103	81,532	-920,770	-48892,552	6,61418956730306+6,14689978328773i
21-22	-1,000	0,000	26,718	-32,612	80,154	-880,520	-47576,193	6,5886658397166+6,06166480922437i
22-23	-1,000	0,000	27,000	-33,761	81,000	-911,535	-47958,101	6,59301032062179+6,12635412889133i
23-24	-1,000	0,000	27,282	-34,303	81,846	-926,188	-49452,633	6,62673392950713+6,15890409275591i

<i>Viga</i>	u $u = \frac{-1 + \sqrt{-3}}{2}$	$x1$ $x1 = -\frac{\left(b + u^2 C + \frac{\Delta o}{u^2 C}\right)}{3a}$	$x2$ $x2 = -\frac{\left(b + u^3 C + \frac{\Delta o}{u^3 C}\right)}{3a}$
1-2	-0,5+0,86602540378444i	1,170	4,388
2-3	-0,5+0,86602540378444i	1,350	4,388
3-4	-0,5+0,86602540378444i	1,365	4,499
5-6	-0,5+0,86602540378444i	1,293	4,390
6-7	-0,5+0,86602540378444i	1,337	4,397
7-8	-0,5+0,86602540378444i	1,352	4,424
9-10	-0,5+0,86602540378444i	1,254	4,390
10-11	-0,5+0,86602540378444i	1,342	4,393
11-12	-0,5+0,86602540378444i	1,355	4,448
13-14	-0,5+0,86602540378444i	1,296	4,392
14-15	-0,5+0,86602540378444i	1,339	4,395
15-16	-0,5+0,86602540378444i	1,349	4,422
17-18	-0,5+0,86602540378444i	1,317	4,393
18-19	-0,5+0,86602540378444i	1,339	4,396
19-20	-0,5+0,86602540378444i	1,344	4,409
21-22	-0,5+0,86602540378444i	1,303	4,392
22-23	-0,5+0,86602540378444i	1,339	4,395
23-24	-0,5+0,86602540378444i	1,347	4,418

Fuente: El autor

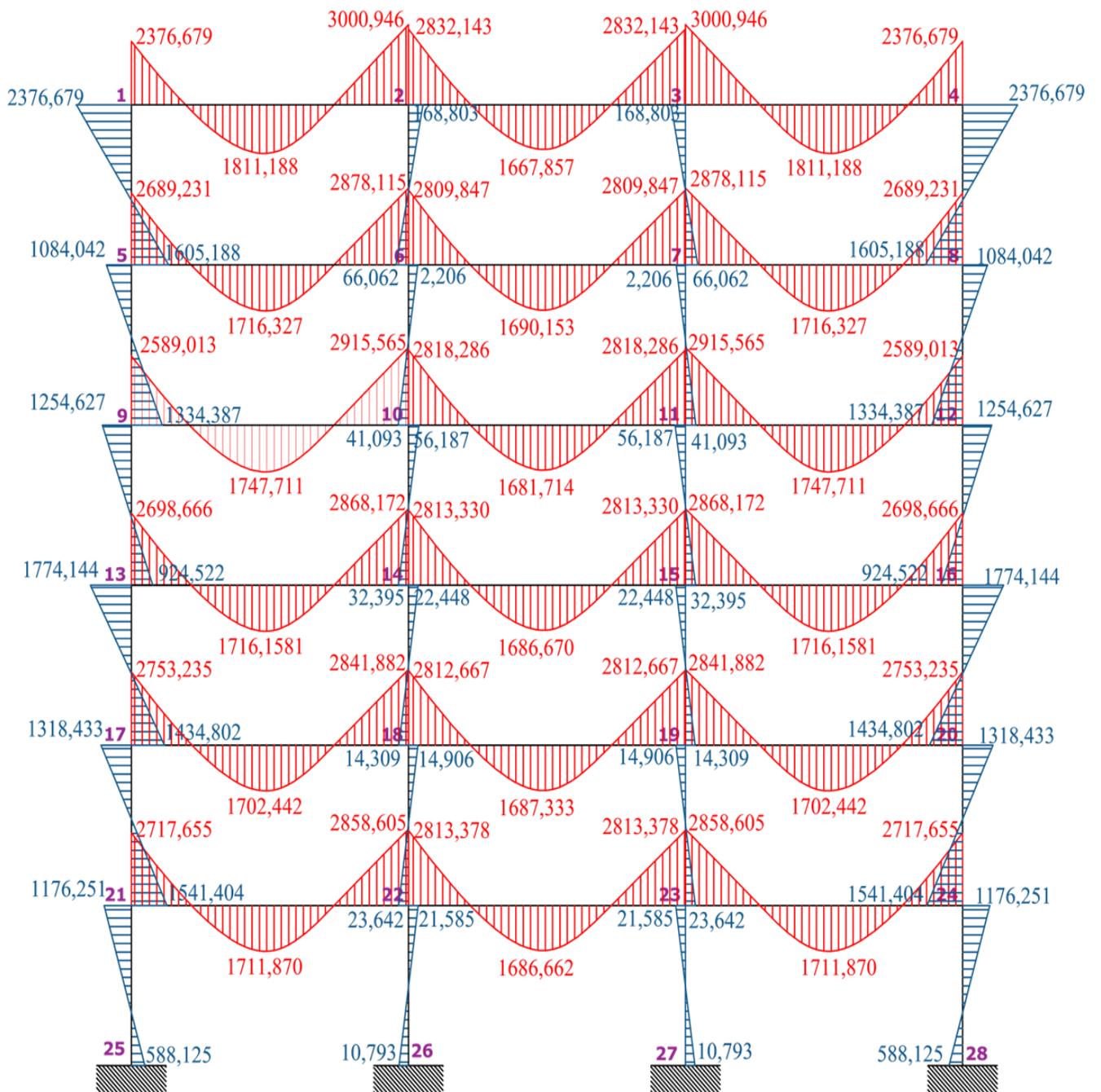
ANEXO G. Cortantes para carga viva (kg)

Cortantes en Columnas				
<i>Columnas</i>	<i>Mfi (kg-m)</i>	<i>Mfj (kg-m)</i>	<i>H (m)</i>	$V = \frac{Mfi + Mfj}{H} (kg)$
1-5	2376,679	1605,188	3	1327,289
2-6	-168,803	-66,062	3	-78,288
3-7	168,804	66,062	3	78,288
4-8	-2376,679	-1605,188	3	-1327,289
5-9	1084,042	1334,387	3	806,143
6-10	-2,206	-41,093	3	-14,433
7-11	2,206	41,093	3	14,433
8-12	-1084,042	-1334,387	3	-806,143
9-13	1254,627	924,522	3	726,383
10-14	-56,187	-32,395	3	-29,527
11-15	56,187	32,395	3	29,527
12-16	-1254,627	-924,522	3	-726,383
13-17	1774,144	1434,802	3	1069,649
14-18	-22,448	-14,309	3	-12,252
15-19	22,448	14,309	3	12,252
16-20	-1774,144	-1434,802	3	-1069,649
17-21	1318,433	1541,404	3	953,279
18-22	-14,906	-23,642	3	-12,849
19-23	14,906	23,642	3	12,849
20-24	-1318,433	-1541,404	3	-953,279
21-25	1176,251	588,125	3	588,125
22-26	-21,585	-10,793	3	-10,793
23-27	21,585	10,793	3	10,793
24-28	-1176,251	-588,125	3	-588,125

Fuente: El autor

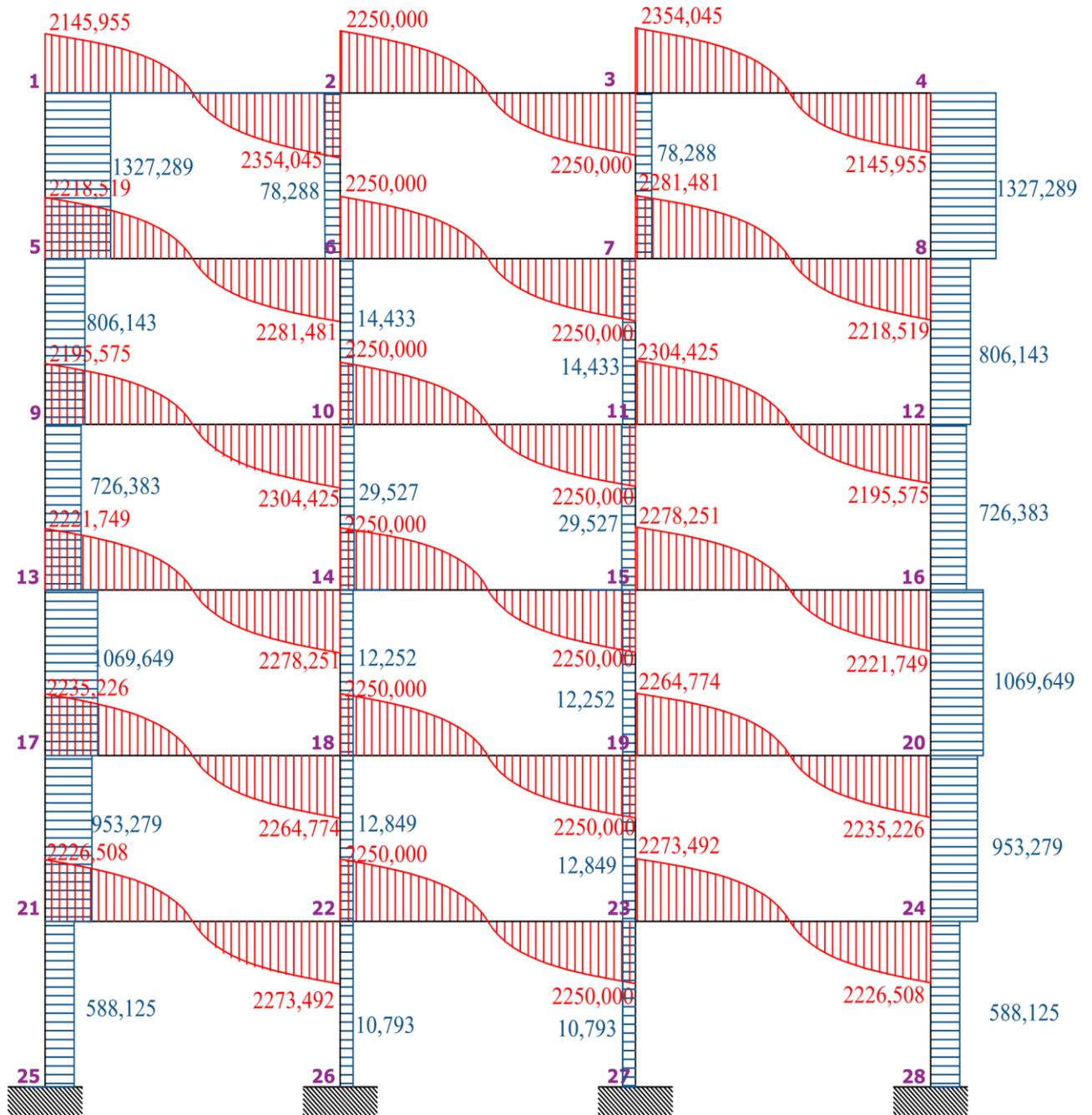
ANEXO H. Diagrama de momentos, cortantes y axiales para carga viva

Diagrama de Momentos (kg-m)



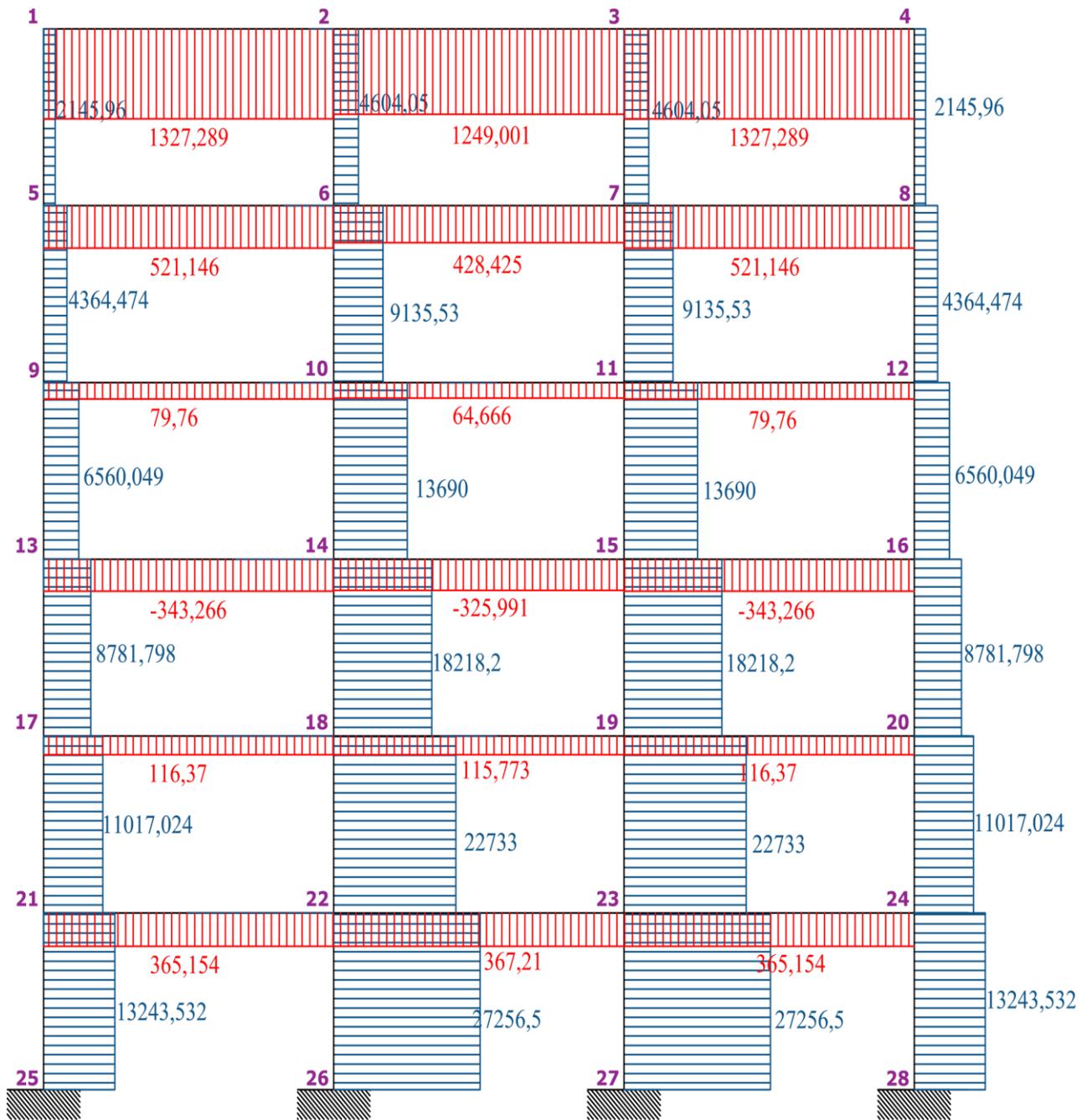
Fuente: El autor

Diagrama de Cortantes (kg)



Fuente: El autor

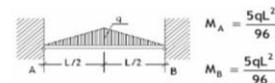
Diagrama de Axiales (kg)



Fuente: El autor

ANEXO I. Momentos de empotramiento para carga muerta (kg-m)

Nivel 6
Vigas



Tramo	Carga (kg/m ²)	Ala Colaborante (m)	Carga (kg/m)	Longitud (m)	Momento de empotramiento (kg-m)	
	$Wd_{cubierta}$	Ac	$q = Wd \times Ac$	L	$M = -\frac{5qL^2}{96}$	$M = +\frac{5qL^2}{96}$
1-2	500	6	3000	6	-5625,000	5625,000
2-3	500	6	3000	6	-5625,000	5625,000
3-4	500	6	3000	6	-5625,000	5625,000

Nivel 5
Vigas

Tramo	Carga (kg/m ²)	Ala Colaborante (m)	Carga (kg/m)	Longitud (m)	Momento de empotramiento (kg-m)	
	$Wd_{entrepiso}$	Ac	$q = Wd \times Ac$	L	$M = -\frac{5qL^2}{96}$	$M = +\frac{5qL^2}{96}$
5-6	750	6	4500	6	-8437,500	8437,500
6-7	750	6	4500	6	-8437,500	8437,500
7-8	750	6	4500	6	-8437,500	8437,500

Nivel 4
Vigas

Tramo	Carga (kg/m ²)	Ala Colaborante (m)	Carga (kg/m)	Longitud (m)	Momento de empotramiento (kg-m)	
	$Wd_{entrepiso}$	Ac	$q = Wd \times Ac$	L	$M = -\frac{5qL^2}{96}$	$M = +\frac{5qL^2}{96}$
9-10	750	6	4500	6	-8437,500	8437,500
10-11	750	6	4500	6	-8437,500	8437,500
11-12	750	6	4500	6	-8437,500	8437,500

Nivel 3
Vigas

Tramo	Carga (kg/m ²)	Ala Colaborante (m)	Carga (kg/m)	Longitud (m)	Momento de empotramiento (kg-m)	
	$Wd_{entrepiso}$	Ac	$q = Wd \times Ac$	L	$M = -\frac{5qL^2}{96}$	$M = +\frac{5qL^2}{96}$
13-14	750	6	4500	6	-8437,500	8437,500
14-15	750	6	4500	6	-8437,500	8437,500
15-16	750	6	4500	6	-8437,500	8437,500

Nivel 2
Vigas

Tramo	Carga (kg/m ²)	Ala Colaborante (m)	Carga (kg/m)	Longitud (m)	Momento de empotramiento (kg-m)	
	$Wd_{entrepiso}$	Ac	$q = Wd \times Ac$	L	$M = -\frac{5qL^2}{96}$	$M = +\frac{5qL^2}{96}$
17-18	750	6	4500	6	-8437,500	8437,500
18-19	750	6	4500	6	-8437,500	8437,500
19-20	750	6	4500	6	-8437,500	8437,500

Nivel 1
Vigas

Tramo	Carga (kg/m ²)	Ala Colaborante (m)	Carga (kg/m)	Longitud (m)	Momento de empotramiento (kg-m)	
	$Wd_{entrepiso}$	Ac	$q = Wd \times Ac$	L	$M = -\frac{5qL^2}{96}$	$M = +\frac{5qL^2}{96}$
21-22	750	6	4500	6	-8437,500	8437,500
22-23	750	6	4500	6	-8437,500	8437,500
23-24	750	6	4500	6	-8437,500	8437,500

Fuente: El autor

ANEXO J. Iteraciones para carga muerta (kg-m)

N	MOMENTOS - CARGA MUERTA														
	CICLO 1														
$M'_{ik} = \beta \left(M_i + \sum M'_{ki} \right)$															
1	Viga	1-2	-0,089	(	-5625,000	+	0,000	+	0,000	) =	501,516		
	Columna	1-5	-0,411	(	-5625,000	+	0,000	+	0,000	) =	2310,984		
2	Viga	2-3	-0,076	(	0,000	+	0,000	+	501,516	+	0,000	) =	-37,948
	Viga	2-1	-0,076	(	0,000	+	0,000	+	501,516	+	0,000	) =	-37,948
3	Columna	2-6	-0,349	(	0,000	+	0,000	+	501,516	+	0,000	) =	-174,863
	Viga	3-4	-0,076	(	0,000	+	0,000	+	-37,948	+	0,000	) =	2,871
3	Viga	3-2	-0,076	(	0,000	+	0,000	+	-37,948	+	0,000	) =	2,871
	Columna	3-7	-0,349	(	0,000	+	0,000	+	-37,948	+	0,000	) =	13,231
4	Viga	4-3	-0,089	(	5625,000	+	2,871	+	0,000	) =	-501,772		
	Columna	4-8	-0,411	(	5625,000	+	2,871	+	0,000	) =	-2312,164		
5	Viga	5-6	-0,049	(	-8437,500	+	0,000	+	2310,984	+	0,000	) =	299,849
	Columna	5-1	-0,226	(	-8437,500	+	0,000	+	2310,984	+	0,000	) =	1381,704
	Columna	5-9	-0,226	(	-8437,500	+	0,000	+	2310,984	+	0,000	) =	1381,704
6	Viga	6-7	-0,045	(0,000	+	0,000	+	299,849	+	-174,863	+	0,000) =	-5,572
	Viga	6-5	-0,045	(0,000	+	0,000	+	299,849	+	-174,863	+	0,000) =	-5,572
	Columna	6-2	-0,205	(0,000	+	0,000	+	299,849	+	-174,863	+	0,000) =	-25,675
	Columna	6-10	-0,205	(0,000	+	0,000	+	299,849	+	-174,863	+	0,000) =	-25,675
7	Viga	7-8	-0,045	(0,000	+	0,000	+	-5,572	+	13,231	+	0,000) =	-0,341
	Viga	7-6	-0,045	(0,000	+	0,000	+	-5,572	+	13,231	+	0,000) =	-0,341
	Columna	7-3	-0,205	(0,000	+	0,000	+	-5,572	+	13,231	+	0,000) =	-1,573
	Columna	7-11	-0,205	(0,000	+	0,000	+	-5,572	+	13,231	+	0,000) =	-1,573
8	Viga	8-7	-0,049	(	8437,500	+	-0,341	+	-2312,164	+	0,000	) =	-299,775
	Columna	8-4	-0,226	(	8437,500	+	-0,341	+	-2312,164	+	0,000	) =	-1381,361
	Columna	8-12	-0,226	(	8437,500	+	-0,341	+	-2312,164	+	0,000	) =	-1381,361
9	Viga	9-10	-0,049	(	-8437,500	+	0,000	+	1381,704	+	0,000	) =	345,331
	Columna	9-5	-0,226	(	-8437,500	+	0,000	+	1381,704	+	0,000	) =	1591,284
	Columna	9-13	-0,226	(	-8437,500	+	0,000	+	1381,704	+	0,000	) =	1591,284
10	Viga	10-11	-0,045	(0,000	+	0,000	+	345,331	+	-25,675	+	0,000) =	-14,250
	Viga	10-9	-0,045	(0,000	+	0,000	+	345,331	+	-25,675	+	0,000) =	-14,250
	Columna	10-6	-0,205	(0,000	+	0,000	+	345,331	+	-25,675	+	0,000) =	-65,664
	Columna	10-14	-0,205	(0,000	+	0,000	+	345,331	+	-25,675	+	0,000) =	-65,664
11	Viga	11-12	-0,045	(0,000	+	0,000	+	-14,250	+	-1,573	+	0,000) =	0,705
	Viga	11-10	-0,045	(0,000	+	0,000	+	-14,250	+	-1,573	+	0,000) =	0,705
	Columna	11-7	-0,205	(0,000	+	0,000	+	-14,250	+	-1,573	+	0,000) =	3,250
	Columna	11-15	-0,205	(0,000	+	0,000	+	-14,250	+	-1,573	+	0,000) =	3,250
12	Viga	12-11	-0,049	(	8437,500	+	0,705	+	-1381,361	+	0,000	) =	-345,382
	Columna	12-8	-0,226	(	8437,500	+	0,705	+	-1381,361	+	0,000	) =	-1591,520
	Columna	12-16	-0,226	(	8437,500	+	0,705	+	-1381,361	+	0,000	) =	-1591,520
13	Viga	13-14	-0,030	(	-8437,500	+	0,000	+	1591,284	+	0,000	) =	204,438
	Columna	13-9	-0,103	(	-8437,500	+	0,000	+	1591,284	+	0,000	) =	706,537

	Columna	13-17	-0,367	(	-8437,500	+	0,000	+	1591,284	+	0,000	) =	2512,133		
14	Viga	14-15	-0,028	(	0,000	+	0,000	+	204,438	+	-65,664	+	0,000	) =	-3,910
	Viga	14-13	-0,028	(	0,000	+	0,000	+	204,438	+	-65,664	+	0,000	) =	-3,910
	Columna	14-10	-0,097	(	0,000	+	0,000	+	204,438	+	-65,664	+	0,000	) =	-13,515
	Columna	14-18	-0,346	(	0,000	+	0,000	+	204,438	+	-65,664	+	0,000	) =	-48,052
15	Viga	15-16	-0,028	(	0,000	+	0,000	+	-3,910	+	3,250	+	0,000	) =	0,019
	Viga	15-14	-0,028	(	0,000	+	0,000	+	-3,910	+	3,250	+	0,000	) =	0,019
	Columna	15-11	-0,097	(	0,000	+	0,000	+	-3,910	+	3,250	+	0,000	) =	0,064
	Columna	15-19	-0,346	(	0,000	+	0,000	+	-3,910	+	3,250	+	0,000	) =	0,229
16	Viga	16-15	-0,030	(	8437,500	+	0,019	+	-1591,520	+	0,000	) =	-204,431		
	Columna	16-12	-0,103	(	8437,500	+	0,019	+	-1591,520	+	0,000	) =	-706,515		
	Columna	16-20	-0,367	(	8437,500	+	0,019	+	-1591,520	+	0,000	) =	-2512,053		
17	Viga	17-18	-0,020	(	-8437,500	+	0,000	+	2512,133	+	0,000	) =	115,838		
	Columna	17-13	-0,240	(	-8437,500	+	0,000	+	2512,133	+	0,000	) =	1423,423		
	Columna	17-21	-0,240	(	-8437,500	+	0,000	+	2512,133	+	0,000	) =	1423,423		
18	Viga	18-19	-0,019	(	0,000	+	0,000	+	115,838	+	-48,052	+	0,000	) =	-1,275
	Viga	18-17	-0,019	(	0,000	+	0,000	+	115,838	+	-48,052	+	0,000	) =	-1,275
	Columna	18-14	-0,231	(	0,000	+	0,000	+	115,838	+	-48,052	+	0,000	) =	-15,671
	Columna	18-22	-0,231	(	0,000	+	0,000	+	115,838	+	-48,052	+	0,000	) =	-15,671
19	Viga	19-20	-0,019	(	0,000	+	0,000	+	-1,275	+	0,229	+	0,000	) =	0,020
	Viga	19-18	-0,019	(	0,000	+	0,000	+	-1,275	+	0,229	+	0,000	) =	0,020
	Columna	19-15	-0,231	(	0,000	+	0,000	+	-1,275	+	0,229	+	0,000	) =	0,242
	Columna	19-23	-0,231	(	0,000	+	0,000	+	-1,275	+	0,229	+	0,000	) =	0,242
20	Viga	20-19	-0,020	(	8437,500	+	0,020	+	-2512,053	+	0,000	) =	-115,840		
	Columna	20-16	-0,240	(	8437,500	+	0,020	+	-2512,053	+	0,000	) =	-1423,446		
	Columna	20-24	-0,240	(	8437,500	+	0,020	+	-2512,053	+	0,000	) =	-1423,446		
21	Viga	21-22	-0,020	(	-8437,500	+	0,000	+	1423,423	+	0,000	) =	137,122		
	Columna	21-17	-0,240	(	-8437,500	+	0,000	+	1423,423	+	0,000	) =	1684,958		
	Columna	21-25	-0,240	(	-8437,500	+	0,000	+	1423,423	+	0,000	) =	1684,958		
22	Viga	22-23	-0,019	(	0,000	+	0,000	+	137,122	+	-15,671	+	0,000	) =	-2,285
	Viga	22-21	-0,019	(	0,000	+	0,000	+	137,122	+	-15,671	+	0,000	) =	-2,285
	Columna	22-18	-0,231	(	0,000	+	0,000	+	137,122	+	-15,671	+	0,000	) =	-28,078
	Columna	22-26	-0,231	(	0,000	+	0,000	+	137,122	+	-15,671	+	0,000	) =	-28,078
23	Viga	23-24	-0,019	(	0,000	+	0,000	+	-2,285	+	0,242	+	0,000	) =	0,038
	Viga	23-22	-0,019	(	0,000	+	0,000	+	-2,285	+	0,242	+	0,000	) =	0,038
	Columna	23-19	-0,231	(	0,000	+	0,000	+	-2,285	+	0,242	+	0,000	) =	0,472
	Columna	23-27	-0,231	(	0,000	+	0,000	+	-2,285	+	0,242	+	0,000	) =	0,472
24	Viga	24-23	-0,020	(	8437,500	+	0,038	+	-1423,446	+	0,000	) =	-137,123		
	Columna	24-20	-0,240	(	8437,500	+	0,038	+	-1423,446	+	0,000	) =	-1684,962		
	Columna	24-28	-0,240	(	8437,500	+	0,038	+	-1423,446	+	0,000	) =	-1684,962		

N		MOMENTOS - CARGA MUERTA													
		CICLO 2													
		$M'_{ik} = \beta \left(M_i + \sum M'_{ki} \right)$													
1	Viga	1-2	-0,089	(	-5625,000	+	-37,948	+	1381,704	) =	381,709		
	Columna	1-5	-0,411	(	-5625,000	+	-37,948	+	1381,704	) =	1758,913		
2	Viga	2-3	-0,076	(	0,000	+	2,871	+	381,709	+	-25,675	) =	-27,157
	Viga	2-1	-0,076	(	0,000	+	2,871	+	381,709	+	-25,675	) =	-27,157
	Columna	2-6	-0,349	(	0,000	+	2,871	+	381,709	+	-25,675	) =	-125,139
3	Viga	3-4	-0,076	(	0,000	+	-501,772	+	-27,157	+	-1,573	) =	40,141
	Viga	3-2	-0,076	(	0,000	+	-501,772	+	-27,157	+	-1,573	) =	40,141
	Columna	3-7	-0,349	(	0,000	+	-501,772	+	-27,157	+	-1,573	) =	184,969
4	Viga	4-3	-0,089	(	5625,000	+	40,141	+	-1381,361	) =	-381,935		
	Columna	4-8	-0,411	(	5625,000	+	40,141	+	-1381,361	) =	-1759,955		
5	Viga	5-6	-0,049	(	-8437,500	+	-5,572	+	1758,913	+	1591,284	) =	249,260
	Columna	5-1	-0,226	(	-8437,500	+	-5,572	+	1758,913	+	1591,284	) =	1148,589
	Columna	5-9	-0,226	(	-8437,500	+	-5,572	+	1758,913	+	1591,284	) =	1148,589
6	Viga	6-7	-0,045	(0,000	+	-0,341	+	249,260	+	-125,139	+	-65,664) =	-2,591
	Viga	6-5	-0,045	(0,000	+	-0,341	+	249,260	+	-125,139	+	-65,664) =	-2,591
	Columna	6-2	-0,205	(0,000	+	-0,341	+	249,260	+	-125,139	+	-65,664) =	-11,938
	Columna	6-10	-0,205	(0,000	+	-0,341	+	249,260	+	-125,139	+	-65,664) =	-11,938
7	Viga	7-8	-0,045	(0,000	+	-299,775	+	-2,591	+	184,969	+	3,250) =	5,089
	Viga	7-6	-0,045	(0,000	+	-299,775	+	-2,591	+	184,969	+	3,250) =	5,089
	Columna	7-3	-0,205	(0,000	+	-299,775	+	-2,591	+	184,969	+	3,250) =	23,448
	Columna	7-11	-0,205	(0,000	+	-299,775	+	-2,591	+	184,969	+	3,250) =	23,448
8	Viga	8-7	-0,049	(	8437,500	+	5,089	+	-1759,955	+	-1591,520	) =	-249,174
	Columna	8-4	-0,226	(	8437,500	+	5,089	+	-1759,955	+	-1591,520	) =	-1148,192
	Columna	8-12	-0,226	(	8437,500	+	5,089	+	-1759,955	+	-1591,520	) =	-1148,192
9	Viga	9-10	-0,049	(	-8437,500	+	-14,250	+	1148,589	+	706,537	) =	322,857
	Columna	9-5	-0,226	(	-8437,500	+	-14,250	+	1148,589	+	706,537	) =	1487,727
	Columna	9-13	-0,226	(	-8437,500	+	-14,250	+	1148,589	+	706,537	) =	1487,727
10	Viga	10-11	-0,045	(0,000	+	0,705	+	322,857	+	-11,938	+	-13,515) =	-13,290
	Viga	10-9	-0,045	(0,000	+	0,705	+	322,857	+	-11,938	+	-13,515) =	-13,290
	Columna	10-6	-0,205	(0,000	+	0,705	+	322,857	+	-11,938	+	-13,515) =	-61,238
	Columna	10-14	-0,205	(0,000	+	0,705	+	322,857	+	-11,938	+	-13,515) =	-61,238
11	Viga	11-12	-0,045	(0,000	+	-345,382	+	-13,290	+	23,448	+	0,064) =	14,941
	Viga	11-10	-0,045	(0,000	+	-345,382	+	-13,290	+	23,448	+	0,064) =	14,941
	Columna	11-7	-0,205	(0,000	+	-345,382	+	-13,290	+	23,448	+	0,064) =	68,849
	Columna	11-15	-0,205	(0,000	+	-345,382	+	-13,290	+	23,448	+	0,064) =	68,849
12	Viga	12-11	-0,049	(	8437,500	+	14,941	+	-1148,192	+	-706,515	) =	-322,912
	Columna	12-8	-0,226	(	8437,500	+	14,941	+	-1148,192	+	-706,515	) =	-1487,978
	Columna	12-16	-0,226	(	8437,500	+	14,941	+	-1148,192	+	-706,515	) =	-1487,978
13	Viga	13-14	-0,030	(	-8437,500	+	-3,910	+	1487,727	+	1423,423	) =	165,142
	Columna	13-9	-0,103	(	-8437,500	+	-3,910	+	1487,727	+	1423,423	) =	570,729

	Columna	13-17	-0,367	(	-8437,500	+	-3,910	+	1487,727	+	1423,423	) =	2029,260
14	Viga	14-15	-0,028	(	0,000	+	0,019	+	165,142	+	-61,238	+	-15,671
	Viga	14-13	-0,028	(	0,000	+	0,019	+	165,142	+	-61,238	+	-15,671
	Columna	14-10	-0,097	(	0,000	+	0,019	+	165,142	+	-61,238	+	-15,671
	Columna	14-18	-0,346	(	0,000	+	0,019	+	165,142	+	-61,238	+	-15,671
15	Viga	15-16	-0,028	(	0,000	+	-204,431	+	-2,487	+	68,849	+	0,242
	Viga	15-14	-0,028	(	0,000	+	-204,431	+	-2,487	+	68,849	+	0,242
	Columna	15-11	-0,097	(	0,000	+	-204,431	+	-2,487	+	68,849	+	0,242
	Columna	15-19	-0,346	(	0,000	+	-204,431	+	-2,487	+	68,849	+	0,242
16	Viga	16-15	-0,030	(	8437,500	+	3,884	+	-1487,978	+	-1423,446	) =	-165,133
	Columna	16-12	-0,103	(	8437,500	+	3,884	+	-1487,978	+	-1423,446	) =	-570,698
	Columna	16-20	-0,367	(	8437,500	+	3,884	+	-1487,978	+	-1423,446	) =	-2029,149
17	Viga	17-18	-0,020	(	-8437,500	+	-1,275	+	2029,260	+	1684,958	) =	92,363
	Columna	17-13	-0,240	(	-8437,500	+	-1,275	+	2029,260	+	1684,958	) =	1134,958
	Columna	17-21	-0,240	(	-8437,500	+	-1,275	+	2029,260	+	1684,958	) =	1134,958
18	Viga	18-19	-0,019	(	0,000	+	0,020	+	92,363	+	-30,558	+	-28,078
	Viga	18-17	-0,019	(	0,000	+	0,020	+	92,363	+	-30,558	+	-28,078
	Columna	18-14	-0,231	(	0,000	+	0,020	+	92,363	+	-30,558	+	-28,078
	Columna	18-22	-0,231	(	0,000	+	0,020	+	92,363	+	-30,558	+	-28,078
19	Viga	19-20	-0,019	(	0,000	+	-115,840	+	-0,635	+	47,724	+	0,472
	Viga	19-18	-0,019	(	0,000	+	-115,840	+	-0,635	+	47,724	+	0,472
	Columna	19-15	-0,231	(	0,000	+	-115,840	+	-0,635	+	47,724	+	0,472
	Columna	19-23	-0,231	(	0,000	+	-115,840	+	-0,635	+	47,724	+	0,472
20	Viga	20-19	-0,020	(	8437,500	+	1,285	+	-2029,149	+	-1684,962	) =	-92,365
	Columna	20-16	-0,240	(	8437,500	+	1,285	+	-2029,149	+	-1684,962	) =	-1134,986
	Columna	20-24	-0,240	(	8437,500	+	1,285	+	-2029,149	+	-1684,962	) =	-1134,986
21	Viga	21-22	-0,020	(	-8437,500	+	-2,285	+	1134,958	+	0,000	) =	142,806
	Columna	21-17	-0,240	(	-8437,500	+	-2,285	+	1134,958	+	0,000	) =	1754,804
	Columna	21-25	-0,240	(	-8437,500	+	-2,285	+	1134,958	+	0,000	) =	1754,804
22	Viga	22-23	-0,019	(	0,000	+	0,038	+	142,806	+	-7,802	+	0,000
	Viga	22-21	-0,019	(	0,000	+	0,038	+	142,806	+	-7,802	+	0,000
	Columna	22-18	-0,231	(	0,000	+	0,038	+	142,806	+	-7,802	+	0,000
	Columna	22-26	-0,231	(	0,000	+	0,038	+	142,806	+	-7,802	+	0,000
23	Viga	23-24	-0,019	(	0,000	+	-137,123	+	-2,541	+	15,785	+	0,000
	Viga	23-22	-0,019	(	0,000	+	-137,123	+	-2,541	+	15,785	+	0,000
	Columna	23-19	-0,231	(	0,000	+	-137,123	+	-2,541	+	15,785	+	0,000
	Columna	23-27	-0,231	(	0,000	+	-137,123	+	-2,541	+	15,785	+	0,000
24	Viga	24-23	-0,020	(	8437,500	+	2,331	+	-1134,986	+	0,000	) =	-142,807
	Columna	24-20	-0,240	(	8437,500	+	2,331	+	-1134,986	+	0,000	) =	-1754,808
	Columna	24-28	-0,240	(	8437,500	+	2,331	+	-1134,986	+	0,000	) =	-1754,808

Fuente: El autor

ANEXO L. Momentos Finales para carga muerta (kg-m)

MOMENTOS FINALES - CARGA MUERTA													
$M_{IK} = \bar{M}_{ik} + 2M''_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik}$													
1	Viga	1-2	-5625	+	2	*	402,405942	+	-32,37367841	+	0	=	-4852,562
	Columna	1-5	0	+	2	*	1854,286581	+	1143,989986	+	0	=	4852,563
2	Viga	2-3	-5625	+	2	*	-32,37367841	+	32,37369415	+	0	=	-5657,374
	Viga	2-1	5625	+	2	*	-32,37367841	+	402,405942	+	0	=	5962,659
3	Columna	2-6	0	+	2	*	-149,1779101	+	-6,930565752	+	0	=	-305,286
	Viga	3-4	-5625	+	2	*	32,37369415	+	-402,4059034	+	0	=	-5962,659
4	Viga	3-2	5625	+	2	*	32,37369415	+	-32,37367841	+	0	=	5657,374
	Columna	3-7	0	+	2	*	149,1779827	+	6,930544558	+	0	=	305,287
5	Viga	4-3	5625	+	2	*	-402,4059034	+	32,37369415	+	0	=	-4852,562
	Columna	4-8	0	+	2	*	-1854,286403	+	-1143,990101	+	0	=	-4852,563
6	Viga	5-6	-8437,5	+	2	*	248,2617157	+	-1,504029026	+	0	=	-7942,481
	Columna	5-1	0	+	2	*	1143,989986	+	1854,286581	+	0	=	4142,267
7	Columna	5-9	0	+	2	*	1143,989986	+	1512,233349	+	0	=	3800,213
	Viga	6-7	-8437,5	+	2	*	-1,504029026	+	1,504024427	+	0	=	-8439,004
8	Viga	6-5	8437,5	+	2	*	-1,504029026	+	248,2617157	+	0	=	8682,754
	Columna	6-2	0	+	2	*	-6,930565752	+	-149,1779101	+	0	=	-163,039
9	Columna	6-10	0	+	2	*	-6,930565752	+	-66,84870608	+	0	=	-80,710
	Viga	7-8	-8437,5	+	2	*	1,504024427	+	-248,2617406	+	0	=	-8682,754
10	Viga	7-6	8437,5	+	2	*	1,504024427	+	-1,504029026	+	0	=	8439,004
	Columna	7-3	0	+	2	*	6,930544558	+	149,1779827	+	0	=	163,039
11	Columna	7-11	0	+	2	*	6,930544558	+	66,8487099	+	0	=	80,710
	Viga	8-7	8437,5	+	2	*	-248,2617406	+	1,504024427	+	0	=	7942,481
12	Columna	8-4	0	+	2	*	-1143,990101	+	-1854,286403	+	0	=	-4142,267
	Columna	8-12	0	+	2	*	-1143,990101	+	-1512,233286	+	0	=	-3800,213
13	Viga	9-10	-8437,5	+	2	*	328,17564	+	-14,50709767	+	0	=	-7795,656
	Columna	9-5	0	+	2	*	1512,233349	+	1143,989986	+	0	=	4168,457
14	Columna	9-13	0	+	2	*	1512,233349	+	602,7327441	+	0	=	3627,199
	Viga	10-11	-8437,5	+	2	*	-14,50709767	+	14,5070985	+	0	=	-8452,007
15	Viga	10-9	8437,5	+	2	*	-14,50709767	+	328,17564	+	0	=	8736,661
	Columna	10-6	0	+	2	*	-66,84870608	+	-6,930565752	+	0	=	-140,628
16	Columna	10-14	0	+	2	*	-66,84870608	+	-10,329261	+	0	=	-144,027
	Viga	11-12	-8437,5	+	2	*	14,5070985	+	-328,1756264	+	0	=	-8736,661
17	Viga	11-10	8437,5	+	2	*	14,5070985	+	-14,50709767	+	0	=	8452,007
	Columna	11-7	0	+	2	*	66,8487099	+	6,930544558	+	0	=	140,628
18	Columna	11-15	0	+	2	*	66,8487099	+	10,32925836	+	0	=	144,027
	Viga	12-11	8437,5	+	2	*	-328,1756264	+	14,5070985	+	0	=	7795,656
19	Columna	12-8	0	+	2	*	-1512,233286	+	-1143,990101	+	0	=	-4168,457
	Columna	12-16	0	+	2	*	-1512,233286	+	-602,7327654	+	0	=	-3627,199
20	Viga	13-14	-8437,5	+	2	*	174,4018357	+	-2,988790799	+	0	=	-8091,685
	Columna	13-9	0	+	2	*	602,7327441	+	1512,233349	+	0	=	2717,699
21	Columna	13-17	0	+	2	*	2143,049757	+	1087,886441	+	0	=	5373,986
	Viga	14-15	-8437,5	+	2	*	-2,988790799	+	2,988790036	+	0	=	-8440,489
22	Viga	14-13	8437,5	+	2	*	-2,988790799	+	174,4018357	+	0	=	8605,924
	Columna	14-10	0	+	2	*	-10,329261	+	-66,84870608	+	0	=	-87,507
23	Columna	14-18	0	+	2	*	-36,72626134	+	-4,475411772	+	0	=	-77,928
	Viga	15-16	-8437,5	+	2	*	2,988790036	+	-174,4018418	+	0	=	-8605,924
24	Viga	15-14	8437,5	+	2	*	2,988790036	+	-2,988790799	+	0	=	8440,489
	Columna	15-11	0	+	2	*	10,32925836	+	66,8487099	+	0	=	87,507
25	Columna	15-19	0	+	2	*	36,72625196	+	4,475413991	+	0	=	77,928
	Viga	16-15	8437,5	+	2	*	-174,4018418	+	2,988790036	+	0	=	8091,685
26	Columna	16-12	0	+	2	*	-602,7327654	+	-1512,233286	+	0	=	-2717,699
	Columna	16-20	0	+	2	*	-2143,049832	+	-1087,886412	+	0	=	-5373,986
27	Viga	17-18	-8437,5	+	2	*	88,53242524	+	-0,364209942	+	0	=	-8260,799
	Columna	17-13	0	+	2	*	1087,886441	+	2143,049757	+	0	=	4318,823
28	Columna	17-21	0	+	2	*	1087,886441	+	1766,203928	+	0	=	3941,977
	Viga	18-19	-8437,5	+	2	*	-0,364209942	+	0,364210123	+	0	=	-8437,864
29	Viga	18-17	8437,5	+	2	*	-0,364209942	+	88,53242524	+	0	=	8525,304
	Columna	18-14	0	+	2	*	-4,475411772	+	-36,72626134	+	0	=	-45,677
30	Columna	18-22	0	+	2	*	-4,475411772	+	-32,81197264	+	0	=	-41,763
	Viga	19-20	-8437,5	+	2	*	0,364210123	+	-88,53242286	+	0	=	-8525,304
31	Viga	19-18	8437,5	+	2	*	0,364210123	+	-0,364209942	+	0	=	8437,864
	Columna	19-15	0	+	2	*	4,475413991	+	36,72625196	+	0	=	45,677

20	Columna	19-23	0	+	2	*	4,475413991	+	32,81197263	+	0	=	41,763
	Viga	20-19	8437,5	+	2	*	-88,53242286	+	0,364210123	+	0	=	8260,799
	Columna	20-16	0	+	2	*	-1087,886412	+	-2143,049832	+	0	=	-4318,823
	Columna	20-24	0	+	2	*	-1087,886412	+	-1766,203936	+	0	=	-3941,977
21	Viga	21-22	-8437,5	+	2	*	143,7340436	+	-2,670245169	+	0	=	-8152,702
	Columna	21-17	0	+	2	*	1766,203928	+	1087,886441	+	0	=	4620,294
	Columna	21-25	0	+	2	*	1766,203928	+	0	+	0	=	3532,408
22	Viga	22-23	-8437,5	+	2	*	-2,670245169	+	2,670245168	+	0	=	-8440,170
	Viga	22-21	8437,5	+	2	*	-2,670245169	+	143,7340436	+	0	=	8575,894
	Columna	22-18	0	+	2	*	-32,81197264	+	-4,475411772	+	0	=	-70,099
	Columna	22-26	0	+	2	*	-32,81197264	+	0	+	0	=	-65,624
23	Viga	23-24	-8437,5	+	2	*	2,670245168	+	-143,7340443	+	0	=	-8575,894
	Viga	23-22	8437,5	+	2	*	2,670245168	+	-2,670245169	+	0	=	8440,170
	Columna	23-19	0	+	2	*	32,81197263	+	4,475413991	+	0	=	70,099
	Columna	23-27	0	+	2	*	32,81197263	+	0	+	0	=	65,624
24	Viga	24-23	8437,5	+	2	*	-143,7340443	+	2,670245168	+	0	=	8152,702
	Columna	24-20	0	+	2	*	-1766,203936	+	-1087,886412	+	0	=	-4620,294
	Columna	24-28	0	+	2	*	-1766,203936	+	0	+	0	=	-3532,408
25	Columna	25-21	0	+	2	*	0	+	1766,203928	+	0	=	1766,204
26	Columna	26-22	0	+	2	*	0	+	-32,81197264	+	0	=	-32,812
27	Columna	27-23	0	+	2	*	0	+	32,81197263	+	0	=	32,812
28	Columna	28-24	0	+	2	*	0	+	-1766,203936	+	0	=	-1766,204

Fuente: El autor

Momentos Máximos (kg-m)

Viga	Mfi (kg-m)	Mfj (kg-m)	L (m)	qd (kg/m)	Rh (kg)	Ri (kg)	Rj (kg)	ri (kg)	rj (kg)	Xo (m)	Mmáx
					$Rh = \frac{Mfi + Mfj}{L}$	$Ri = \frac{qd \times L}{4}$	$Rj = \frac{qd \times L}{4}$	$ri = Ri - Rh$	$rj = Rj + Rh$	$Xo = \frac{L}{2}$		$Mmáx = riXo + Mfi - \frac{qd \times Xo^2}{2}$
1-2	-4852,562	5962,659	6	3000	185,0161318	4500	4500	4314,984	4685,016	3,000	3592,390
2-3	-5657,374	5657,374	6	3000	7,87036E-06	4500	4500	4500,000	4500,000	3,000	3342,626
3-4	-5962,659	4852,562	6	3000	-185,0161046	4500	4500	4685,016	4314,984	3,000	3592,390
5-6	-7942,481	8682,754	6	4500	123,3788434	6750	6750	6626,621	6873,379	3,000	5187,383
6-7	-8439,004	8439,004	6	4500	-2,299688E-06	6750	6750	6750,000	6750,000	3,000	5060,996
7-8	-8682,754	7942,481	6	4500	-123,3788581	6750	6750	6873,379	6626,621	3,000	5187,383
9-10	-7795,656	8736,661	6	4500	156,8342712	6750	6750	6593,166	6906,834	3,000	5233,841
10-11	-8452,007	8452,007	6	4500	4,14635E-07	6750	6750	6750,000	6750,000	3,000	5047,993
11-12	-8736,661	7795,656	6	4500	-156,8342639	6750	6750	6906,834	6593,166	3,000	5233,841
13-14	-8091,685	8605,924	6	4500	85,70652244	6750	6750	6664,293	6835,707	3,000	5151,195
14-15	-8440,489	8440,489	6	4500	-3,81967E-07	6750	6750	6750,000	6750,000	3,000	5059,511
15-16	-8605,924	8091,685	6	4500	-85,7065259	6750	6750	6835,707	6664,293	3,000	5151,195
17-18	-8260,799	8525,304	6	4500	44,08410765	6750	6750	6705,916	6794,084	3,000	5106,948
18-19	-8437,864	8437,864	6	4500	9,02931E-08	6750	6750	6750,000	6750,000	3,000	5062,136
19-20	-8525,304	8260,799	6	4500	-44,08410637	6750	6750	6794,084	6705,916	3,000	5106,948
21-22	-8152,702	8575,894	6	4500	70,53189922	6750	6750	6679,468	6820,532	3,000	5135,702
22-23	-8440,170	8440,170	6	4500	-3,25902E-10	6750	6750	6750,000	6750,000	3,000	5059,830
23-24	-8575,894	8152,702	6	4500	-70,53189956	6750	6750	6820,532	6679,468	3,000	5135,702

Viga	a	b	c		Δ0		Δ1		Δ		C	
			$c = \frac{ri \ 3L}{qi}$	$d = \frac{Mfi \ 3L}{qi}$	$\Delta_0 = b^2 - 3ac$	$\Delta_1 = 2b^3 - 9abc + 27a^2d$	$\Delta = \frac{\Delta_1^2 - 4\Delta_0^3}{-27a^2}$	$C = \sqrt[3]{\frac{(\Delta_1^2 - 4\Delta_0^3 + \Delta_1)}{2}}$				
1-2	-1,000	0,000	25,890	-29,115	77,670		-786,115		-46526,641		6,58202755117919+5,86059919659548i	
2-3	-1,000	0,000	27,000	-33,944	81,000		-916,495		-47622,287		6,58408655157972+6,13594362259306i	
3-4	-1,000	0,000	28,110	-35,776	84,330		-965,951		-54290,063		6,73126741809596+6,24662539533466i	
5-6	-1,000	0,000	26,506	-31,770	79,519		-857,788		-47241,304		6,5844741825663+6,01366390969803i	
6-7	-1,000	0,000	27,000	-33,756	81,000		-911,412		-47966,347		6,59322949185216+6,12611825672401i	
7-8	-1,000	0,000	27,494	-34,731	82,481		-937,737		-50560,095		6,65105783887208+6,18417140133812i	
9-10	-1,000	0,000	26,373	-31,183	79,118		-841,931		-47116,967		6,58446791797284+5,98019823944404i	
10-11	-1,000	0,000	27,000	-33,808	81,000		-912,817		-47871,465		6,59070778398145+6,12883112030269i	
11-12	-1,000	0,000	27,627	-34,947	82,882		-943,559		-51374,206		6,66903723730021+6,19725370586338i	
13-14	-1,000	0,000	26,657	-32,367	79,972		-873,902		-47485,517		6,58758487065087+6,04774729156544i	
14-15	-1,000	0,000	27,000	-33,762	81,000		-911,573		-47955,520		6,59294173128676+6,12642794232016i	
15-16	-1,000	0,000	27,343	-34,424	82,028		-929,440		-49774,529		6,63386764503669+6,16605857731698i	
17-18	-1,000	0,000	26,824	-33,043	80,471		-892,166		-47719,433		6,5902273696586+6,0860409072253i	
18-19	-1,000	0,000	27,000	-33,751	81,000		-911,289		-47974,657		6,59345036563934+6,12588053056596i	
19-20	-1,000	0,000	27,176	-34,101	81,529		-920,733		-48886,578		6,6140519756697+6,14681427566689i	
21-22	-1,000	0,000	26,718	-32,611	80,154		-880,492		-47576,096		6,58866835761782+6,06160593264544i	
22-23	-1,000	0,000	27,000	-33,761	81,000		-911,538		-47957,843		6,59300347197065+6,12636149917605i	
23-24	-1,000	0,000	27,282	-34,304	81,846		-926,197		-49454,081		6,62676702220769+6,15892373942564i	

<i>Viga</i>	u $u = \frac{-1 + \sqrt{-3}}{2}$	$x1$ $x1 = -\frac{(b + u^2 C + \frac{\Delta \sigma}{u^2 C})}{3\sigma}$	$x2$ $x2 = -\frac{(b + u^2 C + \frac{\Delta \sigma}{u^2 C})}{3\sigma}$
1-2	-0,5+0,86602540378444i	1,190	4,388
2-3	-0,5+0,86602540378444i	1,348	4,389
3-4	-0,5+0,86602540378444i	1,363	4,488
5-6	-0,5+0,86602540378444i	1,277	4,390
6-7	-0,5+0,86602540378444i	1,339	4,395
7-8	-0,5+0,86602540378444i	1,353	4,434
9-10	-0,5+0,86602540378444i	1,258	4,390
10-11	-0,5+0,86602540378444i	1,342	4,394
11-12	-0,5+0,86602540378444i	1,355	4,446
13-14	-0,5+0,86602540378444i	1,296	4,392
14-15	-0,5+0,86602540378444i	1,339	4,395
15-16	-0,5+0,86602540378444i	1,349	4,423
17-18	-0,5+0,86602540378444i	1,317	4,393
18-19	-0,5+0,86602540378444i	1,339	4,396
19-20	-0,5+0,86602540378444i	1,344	4,409
21-22	-0,5+0,86602540378444i	1,303	4,392
22-23	-0,5+0,86602540378444i	1,339	4,395
23-24	-0,5+0,86602540378444i	1,347	4,418

Fuente: El autor

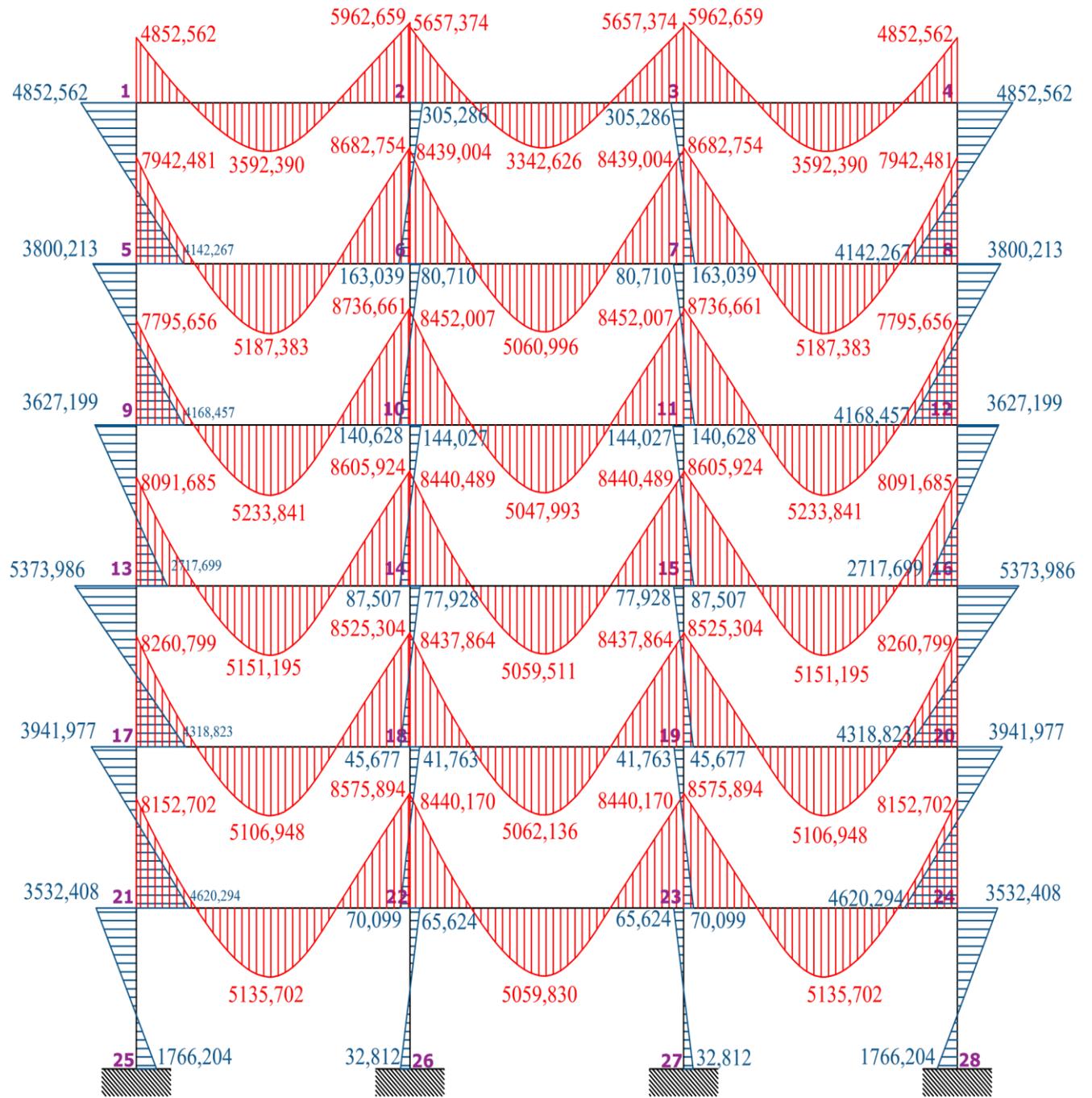
ANEXO M. Cortantes para carga muerta (kg)

Cortantes en Columnas				
<i>Columnas</i>	<i>M_{fi} (kg-m)</i>	<i>M_{fj} (kg-m)</i>	<i>H (m)</i>	$V = \frac{M_{fi} + M_{fj}}{H} (kg)$
1-5	4852,563	4142,267	3	2998,277
2-6	-305,286	-163,039	3	-156,108
3-7	305,287	163,039	3	156,109
4-8	-4852,563	-4142,267	3	-2998,277
5-9	3800,213	4168,457	3	2656,223
6-10	-80,710	-140,628	3	-73,779
7-11	80,710	140,628	3	73,779
8-12	-3800,213	-4168,457	3	-2656,223
9-13	3627,199	2717,699	3	2114,966
10-14	-144,027	-87,507	3	-77,178
11-15	144,027	87,507	3	77,178
12-16	-3627,199	-2717,699	3	-2114,966
13-17	5373,986	4318,823	3	3230,936
14-18	-77,928	-45,677	3	-41,202
15-19	77,928	45,677	3	41,202
16-20	-5373,986	-4318,823	3	-3230,936
17-21	3941,977	4620,294	3	2854,090
18-22	-41,763	-70,099	3	-37,287
19-23	41,763	70,099	3	37,287
20-24	-3941,977	-4620,294	3	-2854,090
21-25	3532,408	1766,204	3	1766,204
22-26	-65,624	-32,812	3	-32,812
23-27	65,624	32,812	3	32,812
24-28	-3532,408	-1766,204	3	-1766,204

Fuente: El autor

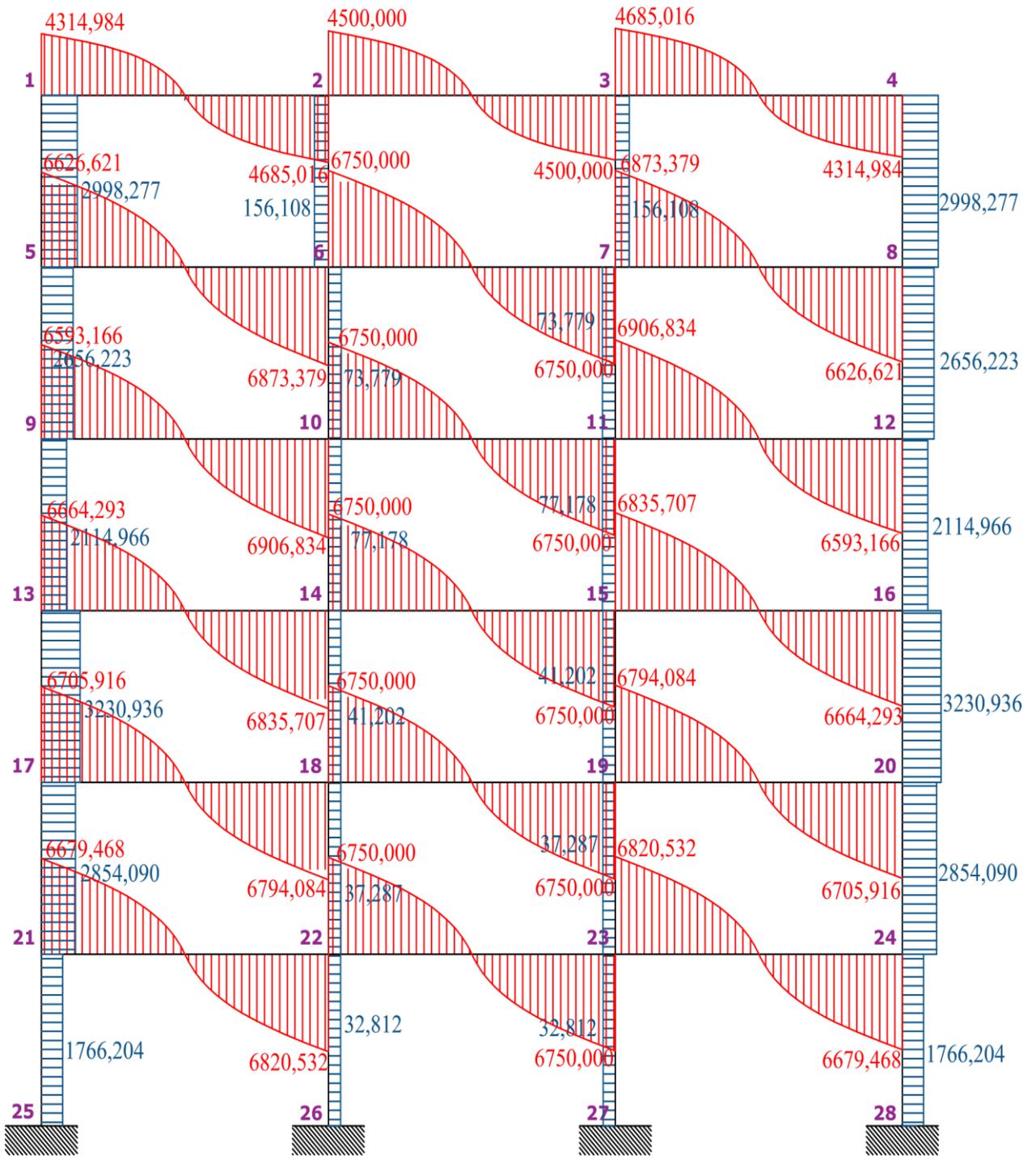
ANEXO N. Diagrama de momentos, cortantes y axiales para carga muerta

Diagrama de Momentos (kg-m)



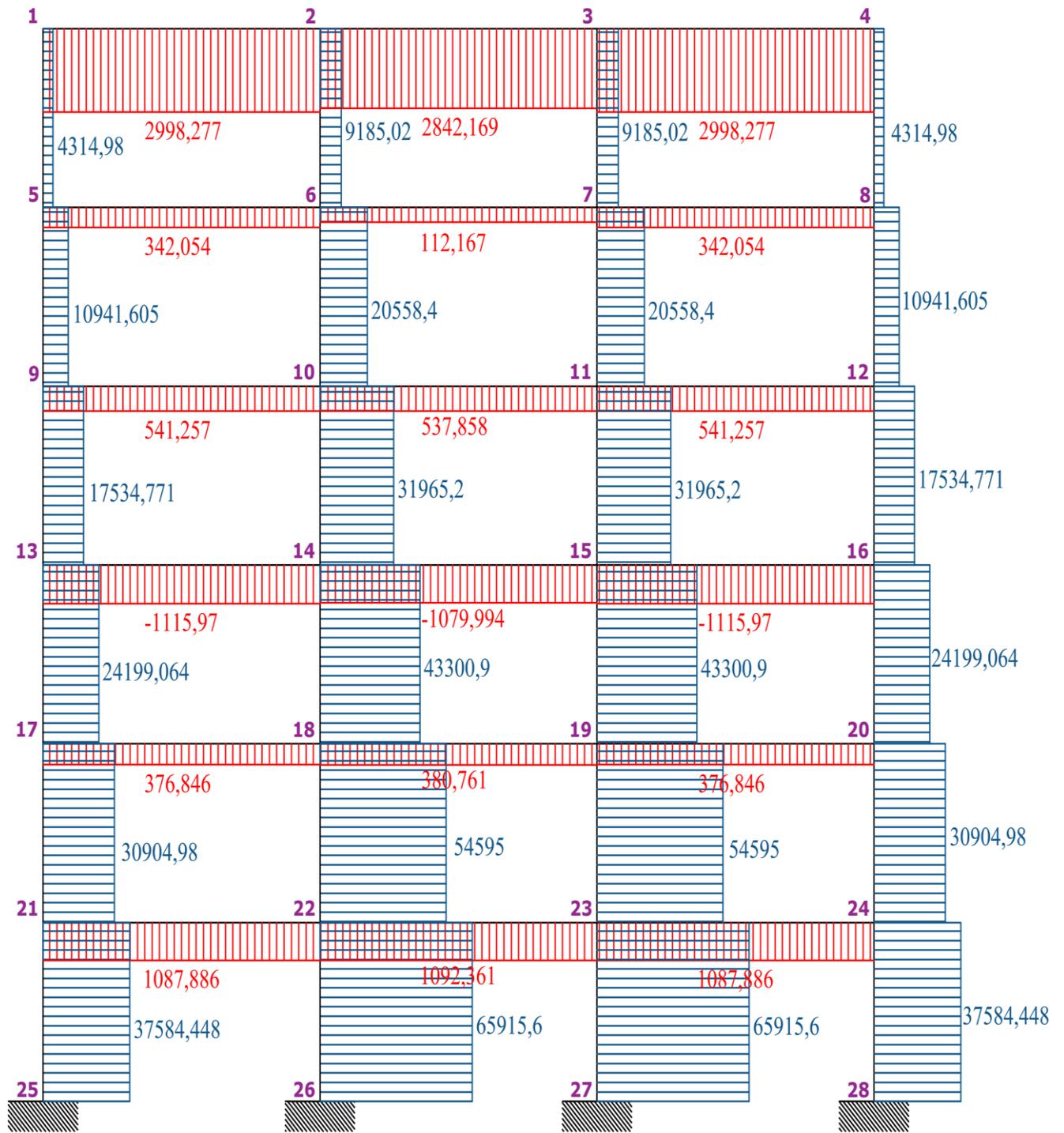
Fuente: El autor

Diagrama de Cortantes (kg)



Fuente: El autor

Diagrama de Axiales (kg)



Fuente: El autor