

SISTEMA DE MARCO MOMENTO INTERMEDIO (IMF) PARA EDIFICACIONES DE CLASE MEDIA EN AREAS SUBURBANAS

Intermediate moment frame system (IMF) for middle class building in suburban areas

Marleni Bustamante Chanis

Universidad de Panamá

Panamá

marleni.bustamante@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0008-7500-7238>

Recibido: 16 de octubre 2023

Aceptado: 7 de junio 2024

DOI <https://doi.org/10.48204/j.centros.v13n2.a5302>

Resumen

Muchas de las edificaciones residenciales en los centros suburbanos son construidas de concreto armado o de concreto presforzado; mientras que el acero estructural se aplica, a menudo, a edificaciones industriales y comerciales. Debido a su costo moderado, ejecución rápida y competitividad constructiva; actualmente el acero estructural se ha empezado a utilizar en construcciones residenciales. En este artículo presentamos los costos constructivos aproximados por área; de un sistema de edificación metálico denominado Marco Momento Intermedio (IMF), como una de las alternativas viables para la construcción de viviendas para la clase media ubicada en las áreas suburbanas y sus alrededores.

Palabras clave: Edificaciones, estructura metálica, costo moderado, ejecución rápida, marco momento intermedio.

Abstract

Many of the residential buildings in suburban centers are built of reinforced concrete or prestressed concrete, while structural steel is often applied to industrial and commercial buildings, but due to its constructive competitiveness, moderate cost and fast execution, its competitiveness has allowed it to fit in residential applications. In our case, we present the approximate construction costs by area of a known metal building system Intermediate Moment Frame (IMF) as one of the viable alternatives for Buildings for the middle class located in suburban areas and their surroundings.

Keywords: Buildings, metallic structure, moderate cost, fast execution, intermediate moment framework.

Introducción

Tal como lo sostiene Escalante (2003), cada vez más los aceros estructurales utilizados a nivel mundial están cobrando relevancia debido a las características deseables que tienen y por su gran variedad de usos. Se presenta en muchas formas de productos, tienen una alta resistencia inherente, elasticidad muy alta, y una gran ductilidad.

La función principal, a la hora de erigir una edificación, es la de, además de brindar refugio a sus ocupantes, utilizar estructuras seguras y de calidad (McCormac y Csernak, 2012). Debido a esta condición los códigos actuales de diseño y edificación no solo abarcan la protección ante las cargas de gravedad, sino también las cargas ambientales y, entre estas, la carga sísmica. Para ello, estas edificaciones deben contar con planos y especificaciones que puedan ser

aprobadas por las autoridades locales para asegurar la factibilidad técnica de las soluciones: arquitectónicas, estructurales, eléctricas, sanitarias, entre otras, de tal manera que aseguren la calidad de vida de sus ocupantes (REP-2021).

Para lograr la resistencia de dichas cargas las estructuras de hormigón y las de acero estructural deben tener componentes que logren dicha función, entre estos componentes se encuentran los marcos. Según la ductilidad, es importante mencionar que, dependiendo las normas sísmicas de cada país, con respecto al factor R, las disposiciones restringen su aplicabilidad a sistemas estructurales con un R mayor que 3, donde R está definido de acuerdo con las recomendaciones de la ASCE 7 (ASCE 2005).

“Un marco de momentos consiste en un sistema de columnas y vigas que se conectan entre sí con conexiones de momento restringidas y/o totales. Con una conexión de momento, una columna se une a una viga sin liberaciones en la articulación cuando se analiza estructuralmente”. (Construction Supply Magazine, 2020, párrafo 2).

Las cargas se resisten en los sistemas de marco de momentos mediante flexión en las vigas y columnas que inducen cortantes y momentos en las vigas, columnas y sus uniones relacionadas con el momento. Los tres tipos de cuadros de momento son el Marco de Momento Ordinario (OMF), el Marco de Momento Intermedio (IMF) y el Marco de Momento Especial (SMF) definidos de la siguiente manera:

Como bien lo indican López y Álvarez (2019), “los IMF se diseñan para que sean capaces de incursionar al rango inelástico con una ductilidad y disipación de



energía moderada, para lo cual se requiere limitar la generación de fallas frágiles. Se utiliza en zonas de moderada sismicidad”. (p.10).

En nuestro caso, los miembros metálicos son clasificados en Marco arriostrado. Este último constituye una armadura esencialmente vertical o su equivalente, del tipo concéntrico o excéntrico que se proporciona en un sistema de marco de construcción y un sistema dual que resisten las fuerzas ambientales (Marco arriostrado concéntricamente, CBF; Marco excéntricamente arriostrado, EBF), y Marco de momento en el cual los miembros y las articulaciones resisten las fuerzas laterales por flexión, así como, también, a lo largo del eje de los miembros.

Estos marcos se clasifican como marcos de momento intermedio (IMF), marcos de momento ordinario (OMF) y marcos de momento especial (SMF) (ASCE-05). Según Beltran y Herrera (2002), se espera que el marco IMF desarrolle, en sus miembros y conexiones, una cantidad limitada de deformaciones inelástica al ser sometido a fuerzas que resultan al considerar el sismo de diseño.

El diseño de una edificación debe cumplir con los requisitos mínimos para una estructura marco momento. Dicho marco no debe exceder la altura de 65 pies (20 m). intermedio. Ahumada (2000).

En este artículo presentamos los marco momento intermedio (IMF). Para Seismic Design, (2012) es una alternativa donde su construcción contribuye a la edificación de viviendas a un costo razonable para los inversionistas y, de igual forma, para que sus ocupantes puedan establecerse en un lugar con las comodidades y condiciones estructurales seguras de una propiedad horizontal.



Muchas de las disposiciones plasmadas en este artículo son el resultado de las conclusiones de los estudios del proyecto SAC contenidas en el (FEMA), en particular en el FEMA 350 (FEMA 2000).

En Panamá la construcción de estructuras de acero, incluyendo el IMF, está regulada por la Resolución N2 JTIA-639 de 29 de septiembre de 2004, por medio de la cual se adopta el reglamento para el diseño estructural.

Desarrollo

El diseño de una edificación debe cumplir con los requisitos mínimos para una estructura marco momento intermedio desde el punto de vista de Ahumada (2000). Para tal fin, dicho marco no debe exceder la altura de 65 pies (20 m). También, la carga muerta soportada no debe exceder las 20 lb/pie² (0.96 KN/m²). Las características de diseño sísmico deben ser para suelos con características D o E y, por último, que las cargas tributarias del marco de momento de la pared exterior, a más de 35 pies sobre la base, no debe exceder 20 lb/pie² (0.96 KN/m²) (ASCE 7-05).

Es importante desatacar como lo indican West y Fisher (2003), que el análisis del proyecto con un sistema síntesis o selección de los componentes para formar un sistema que satisfaga objetivos específicos, al igual que evaluar el comportamiento del sistema, al compararlo con otras alternativas, es lo que nos lleva a formular la mejora del diseño.

Roa Molina (2013) indica que las conexiones viga-columna utilizadas en sistemas que resisten cargas sísmicas deben satisfacer los requerimientos establecidos para un marco tipo SMF, con las siguientes excepciones:



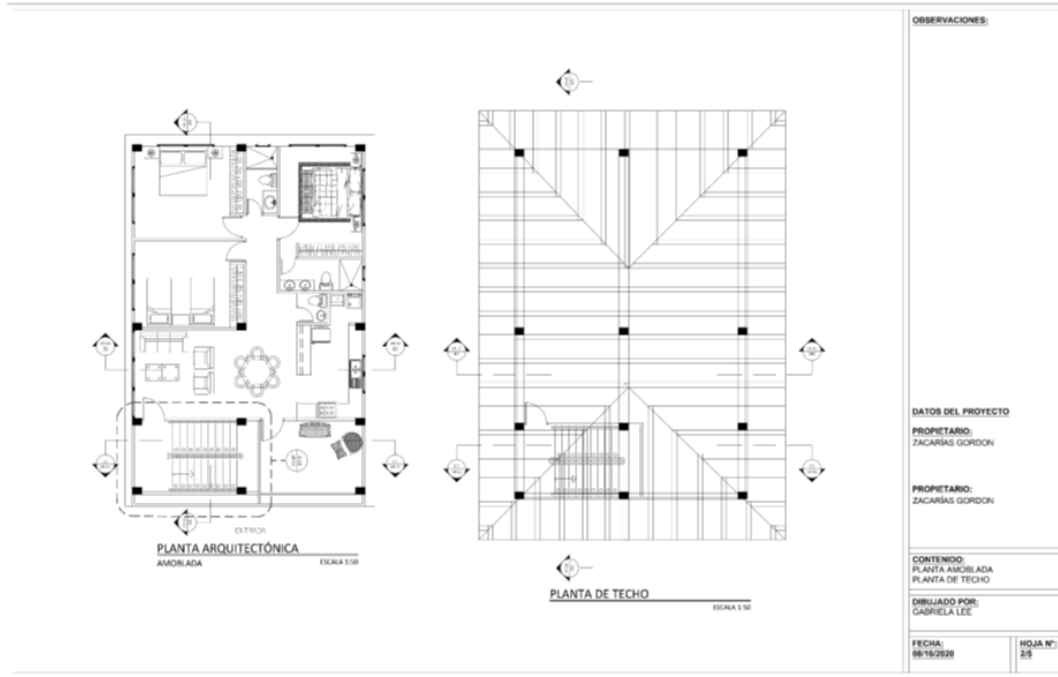
- La conexión debe ser capaz de desarrollar una rotación debido al desplazamiento entre niveles de al menos 0.02 radianes.
- La capacidad de corte requerida por la conexión debe ser determinada de igual manera que para un marco del tipo SMF, pero reduciendo los valores de V_u (corte último de diseño).

Nuestra propuesta sigue como marco referencial el diseño de Sequi (2013), en que cada una de las plantas arquitectónicas de la edificación que está siendo analizada, nos brindan el acceso al diseño arquitectónico y constatar que el mismo cumple con los requisitos para el comportamiento sísmico de un Marco Momento Intermedio.

En la Figura 1 se aprecia la planta alta arquitectónica y planta de techo de la edificación.

Figura 1

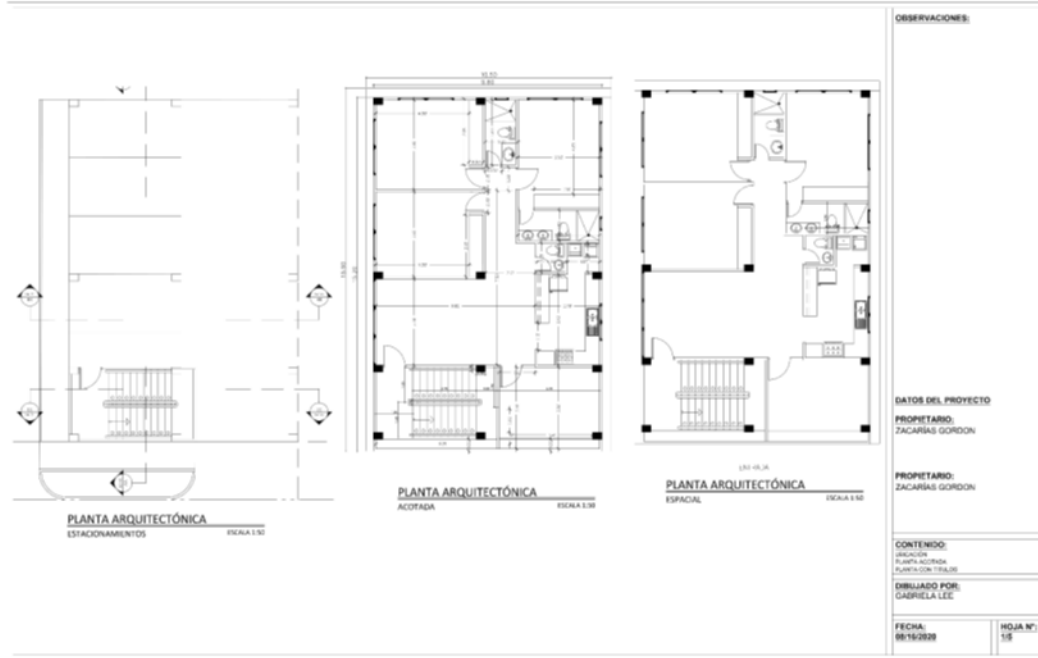
Planta Alta Arquitectónica y Planta de Techo



En la Figura 2 se visualiza las plantas arquitectónicas inferiores de la edificación.

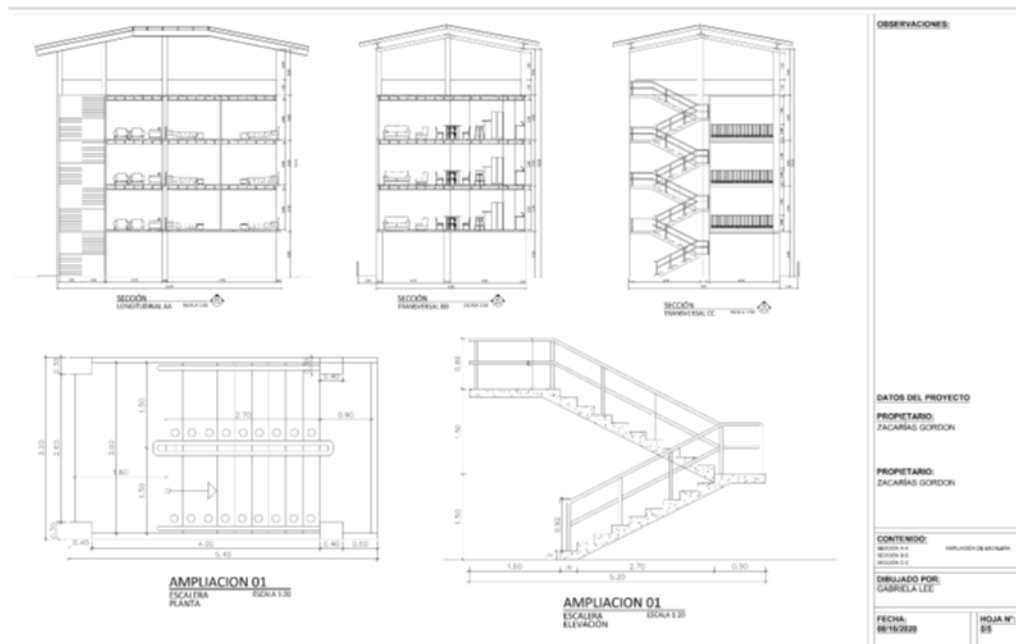
Figura 2

Plantas arquitectónicas inferiores



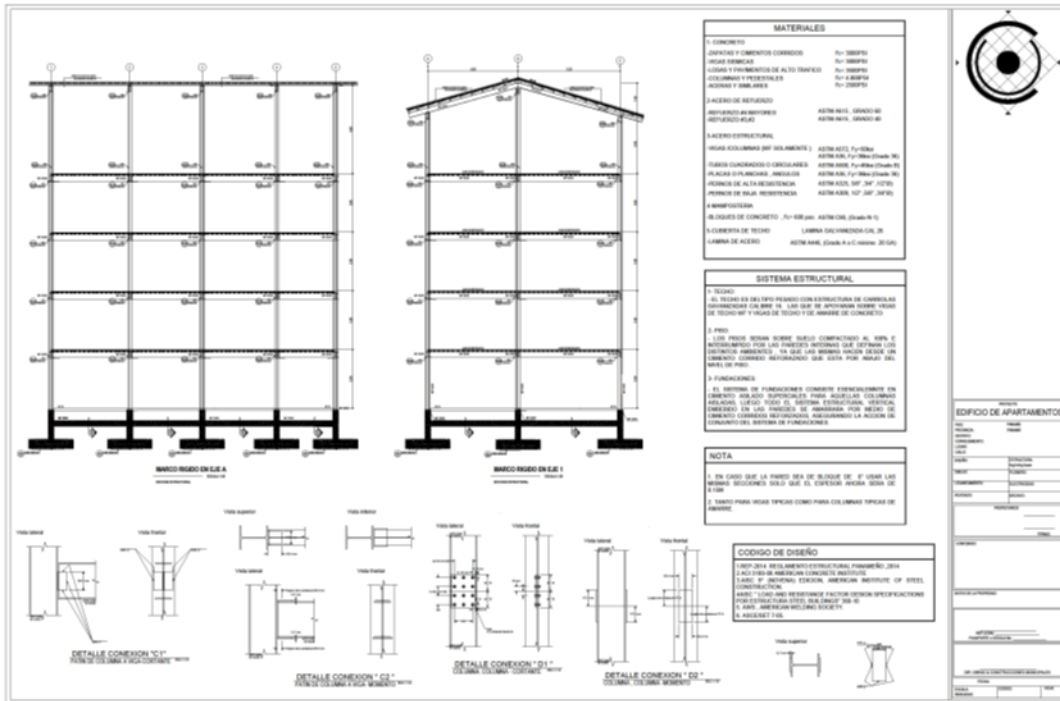
En la Figura 3 se observa el diseño de las elevaciones-

Figura 3
 Diseño de las elevaciones



Según la Figura 4, estructuralmente la edificación tendrá tres niveles, un apartamento por nivel cada uno con tres recamaras y dos baños, sala, comedor, un área social en la parte superior, dos estacionamientos por apartamento. Una planta de esparcimiento y un nivel inferior de estacionamiento, en un lote de 150 m². Cada paso debe realizarse según el código americano Specification for Structural Steel Buildings (ANSI/AISC 360-10) - 2010 y el Manual de Diseño Sísmico AISC.

Figura 4
 Marco Estructural



Nota: El marco estructural es conocido como pórtico, que es una estructura que fundamentalmente está constituida por dos columnas y una viga sin contar los elementos subsecuentes que son cargas (W) fuerzas que están sobre la estructura.

Es importante señalar que las actividades llevan un orden secuencial en etapas de la siguiente manera:

1. Fundaciones.
2. Estacionamientos.
3. Losa del primer nivel.
4. Losa del segundo nivel.



- 5. Losa del tercer nivel.
- 6. Losa del área social.
- 7. Techo.

En la Figura 5 se observa el costo de las fases de la edificación (en dólares) por metro cuadrado de construcción de cada una de las fases.

Figura 5
 Costo de las fases por metro cuadrado (en dólares)



En la Figura 6 se muestra el costo de la mano de obra en cada una de las actividades o fases de la edificación (en dólares) por metro cuadrado de construcción.

Figura 6

Costo de la mano de obra en las fases por metro cuadrado
(en dólares)



En la Figura 7 se presenta el desglose final de cuanto es el costo por porcentaje de obras de edificaciones marco momento intermedio.

Figura 7

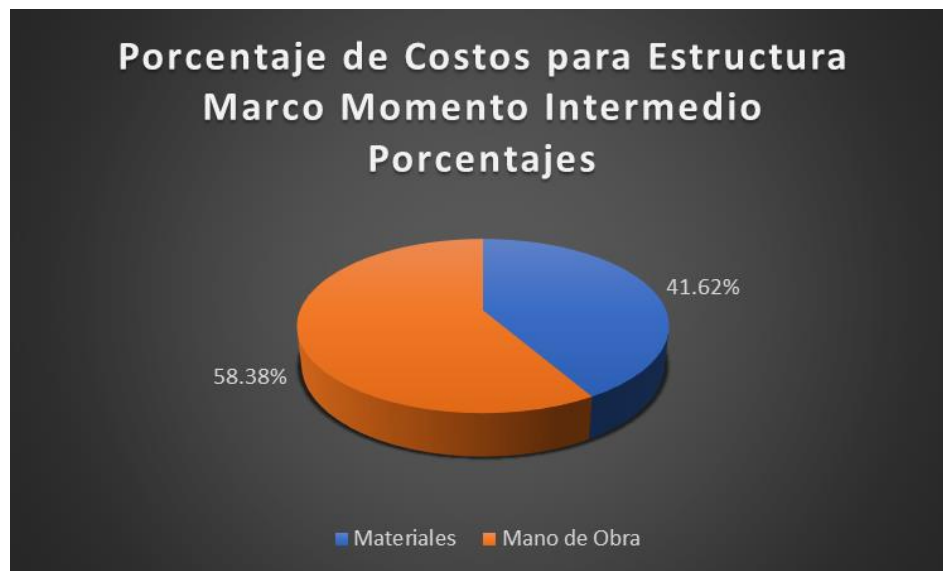
Costo de materiales en las fases de edificación por metro cuadrado (en dólares)



En la Figura 8 se presenta el desglose final de cuanto es el costo por porcentaje de obras de edificaciones marco momento intermedio solo en estructura.

Figura 8

*Porcentaje de Costos por Estructura para una edificación
Marco Momento Intermedio*



Conclusiones

La principal conclusión de nuestro trabajo es que el sistema de marco momento intermedio para edificaciones de clase media en áreas suburbanas es una alternativa donde su construcción contribuye a la edificación de viviendas a un costo razonable.

Además, se observó que el porcentaje de ahorro de costos por metro cuadrado de cada apartamento con respecto a la estructura de un Marco Momento Intermedio redunda en el 20.88 %.



El porcentaje de costos de las fundaciones es con cimentaciones aisladas individuales con vigas sísmicas de amarre, el costo será variable si el estudio de suelo considera otro sistema de cimentación.

El monto de \$267,83 por metro cuadrado cumple con las características de diseño para un Marco Momento Intermedio, debido a la configuración estructural, y de igual forma la arquitectura cumple para una densidad poblacional de mediana densidad.

Referencias Bibliográficas

Ahumada, C., y Carvajal J. (2000). *Diseño de Edificios de Acero Estructurados en Base a Marcos Rígidos Especiales*, Universidad Técnica Federico

ANSI/AISC 360-10 (2010a): *Specification for structural steel buildings*. American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, USA.
<https://www.aisc.org/globalassets/aisc/publications/standards/seismic-provisions-for-structural-steel-buildings-ansi-aisc-341-16.pdf>

ASCE 7-05 (2005) Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.
<https://pdfcoffee.com/asce-7-05-minimum-design-loads-for-buildings-and-other-structures-pdf-free.html>.

Beltrán, J., y Herrera, R. (2002). *Las nuevas disposiciones sísmicas para edificios de acero estructural de la AISC*. Instituto Superior Tecnológico Central Técnico,
<https://www.studocu.com/ec/document/instituto-superior-tecnologico-central-tecnico/estructuras/tipos-de-marcos-resistentes-omf-imf-smf/65783589>

Construction Supply Magazine. (6 de noviembre de 2020). *Marcos de momento de acero: Qué considerar al crear espacios abiertos*.
<https://www.constructionupplymagazine.com/blogs/noticias/marcos-de-momento-de-acero-que-considerar-al-crear-espacios-abiertos>

Escalante, V (2003). Diseño de estructuras metálicas AISC-LRFD

FEMA (2000). *Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment-Frame Buildings*, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.



- FEMA, 2003. *NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and other Structures*. Report No. FEMA 450, Washington, D.C.
- López, B., y Álvarez M. (2019). Diseño de acero de ocho noveles con sistemas de marcos arriostrados concéntricamente (SFBF). [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua]. <https://ribuni.uni.edu.ni/2572/1/92858.pdf>
- McCormac, J., y Csernak, F. (2012). *Diseño de Estructuras de Acero 5ª*. Edición Alfaomega.
- REP-2021. *Reglamento para el diseño estructural de la República de Panamá*. https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29594_A/92903.pdf
- Resolución N2 JTIA-639 de 29 de septiembre de 2004, *por medio de la cual se adopta el reglamento para el diseño estructural*. Gaceta Oficial 25181.
- Roa Molina, R. (2013). *Parámetros de diseño sísmico para edificios estructurados a partir de marcos autocentrantes de acero*. [Tesis de Grado, Universidad de Chile, Chile]. https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/113882/cf-roa_hm.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Segui, W. (2013) *Steel design. Fifth Edition CENGAGE Learning*. <http://www.iqytechnicalcollege.com/BAE%20650-Steel%20Design.pdf>
- West, M., and Fisher, J. (2003). *Serviceability design considerations for steelfuildings*. AISC Editorial.