

STEEL FRAMING HOY: LECCIONES DE LA PRÁCTICA PARA POTENCIAR LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

Ing. Berra, Valentín^a; Ing. Venencia, Lucas ^a; Ing. Dean, Diego^a

^aIngeniero Civil, Andes Dean Engineering, engineering@andesdean.pro

Palabras clave: Steel framing, industrialización de la construcción, diseño estructural.

RESUMEN

En los últimos años, los sistemas constructivos en seco han experimentado un crecimiento sostenido en Argentina, ampliando su aplicación desde intervenciones de pequeña escala en viviendas hasta edificaciones institucionales como escuelas y hospitales públicos. En este contexto, el Steel Framing, recientemente reconocido dentro del marco de la construcción tradicional, se posiciona como una alternativa tecnológica con potencial para mejorar la eficiencia y la productividad del sector. No obstante, su adopción plantea nuevos desafíos en términos de planificación, diseño y gestión del proceso constructivo.

El presente trabajo analiza los requerimientos técnicos y metodológicos asociados al desarrollo de proyectos de Steel Framing, conformado por perfiles galvanizados conformados en frío, considerando tanto el diseño y la verificación estructural como la integración de procesos de fabricación industrializada.

A partir de diez años de experiencia profesional, el estudio sistematiza aprendizajes derivados de la práctica e identifica criterios que contribuyen a mejorar la productividad del proceso constructivo y a promover la implementación eficiente de soluciones habitacionales basadas en sistemas industrializados.

ABSTRACT

In recent years, light framing systems have experienced sustained growth in Argentina, expanding their application from small-scale residential interventions to institutional buildings such as schools and public hospitals. In this context, Steel Framing, recently recognized within the framework of conventional construction, has emerged as a technological alternative with the potential to improve efficiency and productivity in the construction industry. Nevertheless, its adoption introduces new challenges in terms of planning, design, and construction process management.

This paper analyzes the technical and methodological requirements associated with the development of Steel Framing projects, a structural system composed of cold-formed galvanized steel sections. The study considers both structural design and verification, as well as the integration of industrialized manufacturing processes.

Based on ten years of professional experience, the study systematizes lessons learned from practice and identifies criteria that contribute to improving construction productivity and promoting the efficient implementation of housing solutions based on industrialized systems.

Organiza:

CONTEXTO Y PANORAMA DEL STEEL FRAMING

Evolución de la construcción en seco en Argentina

En la última década y media, el Steel Framing tuvo un crecimiento impulsado tanto por la necesidad de dar respuesta más rápida al déficit habitacional como por la búsqueda de mayor productividad. El sistema permite total flexibilidad de diseño, pudiendo aplicarse desde proyectos simples de planta baja hasta edificaciones de uno o más pisos, lo que facilitó su adopción en una variedad creciente de tipologías. A su vez, el Instituto de la Construcción en Seco, INCOSE, señala reducciones de tiempo de obra de entre el 30% y el 60% respecto de la construcción húmeda equivalente, un factor que explica buena parte del interés de la comunidad en general en incorporarlo a sus planes de construcción.

El hito normativo: Resolución 5-E/2018

La Resolución 5-E/2018 de la Secretaría de Vivienda y Hábitat, en febrero del 2018, declaró al Steel Framing como sistema constructivo tradicional, eliminando la exigencia del Certificado de Aptitud Técnica (CAT) para este tipo de tecnología constructiva; donde la misma se justifica principalmente por la historia y antecedentes del sistema en la Argentina, la disponibilidad de materiales normalizados, la flexibilidad y sostenibilidad ambiental del sistema constructivo alineados a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles; y ODS 12 Producción y consumo responsable, de la ONU 2030, además se define la obligación de verificar estructuralmente la obra mediante una memoria de cálculo conforme al Reglamento CIRSOC 303, incluyendo la verificación de la rigidez global y de los anclajes a fundación.

PARTICULARIDADES TÉCNICAS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL

Perfiles utilizados y opción de secciones compuestas

Los elementos estructurales empleados con mayor frecuencia en proyectos de Steel Framing son perfiles conformados en frío de chapa de acero galvanizado (PG), fabricados generalmente con espesores comprendidos entre 0,9 mm y 2,0 mm, aunque pueden emplearse mayores espesores en aplicaciones particulares. En Argentina, los perfiles normalizados de sección constante se fabrican de acuerdo con la IRAM-IAS U 500-205, comprendiendo principalmente perfiles tipo PGC (Perfil Galvanizado tipo C) y PGU (Perfil Galvanizado tipo U), utilizados como montantes, soleras, vigas, dinteles, cabios y elementos de rigidización, según su función dentro del sistema estructural.

En los últimos años también se ha incorporado al mercado nacional la utilización de Perfiles Galvanizados de Sección Variable (PGSV), fabricados conforme a la IRAM-IAS U 500-258 mediante equipos de control numérico (CNC), capaces de

conformar, perforar, marcar y cortar automáticamente los perfiles directamente desde la bobina de acero. Esta tecnología permite optimizar el proceso de fabricación, reducir desperdicios y mejorar la precisión dimensional de cada componente, integrando el diseño estructural con la producción industrializada.

Una de las principales ventajas de los perfiles conformados en frío radica en la facilidad con la que pueden vincularse mediante uniones mecánicas atornilladas, permitiendo conformar una amplia variedad de secciones compuestas capaces de responder a requerimientos estructurales específicos sin recurrir necesariamente a perfiles laminados de mayor porte y reemplazar uniones soldadas. Entre las soluciones más habituales se encuentran las vigas cajón, constituidas por dos perfiles PGC vinculados mediante dos perfiles PGU que actúan como placas de cierre, generando una sección tubular de elevada rigidez torsional; las vigas doble montante, conformadas por dos perfiles PGC unidos alma con alma para incrementar la capacidad resistente frente a flexión; las secciones reforzadas mediante la incorporación de perfiles PGU sobre el ala abierta del perfil C, conformando una sección prácticamente cerrada que mejora significativamente la resistencia al pandeo y la rigidez de la pieza; así como perfiles anidados (nested sections), donde un perfil PGC se dispone en el interior de otro de mayores dimensiones, aumentando el momento de inercia y la capacidad resistente sin modificar sustancialmente la geometría exterior del elemento.

También, es frecuente la utilización de columnas compuestas, dinteles reforzados, perfiles tubulares conformados mediante la combinación de varios elementos y soluciones híbridas que incorporan perfiles laminados o tubos estructurales únicamente en aquellos sectores donde las solicitaciones locales así lo requieren. Esta versatilidad permite optimizar el consumo de material y adaptar la solución estructural a las particularidades de cada proyecto, manteniendo la filosofía de industrialización propia del sistema.

En consecuencia, el Steel Framing no debe interpretarse como un sistema limitado a un conjunto reducido de perfiles comerciales, sino como una tecnología estructural basada en la combinación de elementos modulares que posibilita desarrollar soluciones de muy diversa complejidad. La simplicidad y rapidez de las uniones atornilladas facilitan la conformación de secciones compuestas capaces de responder eficientemente a distintas condiciones de carga, geometrías y requerimientos arquitectónicos, convirtiendo la flexibilidad en uno de los principales atributos del sistema desde el punto de vista del diseño estructural.

Por otro lado, la ejecución si bien requiere personal calificado, el ser un sistema industrializado estandarizado, su simplicidad permite que operarios puedan incorporarse laboralmente con capacitaciones en el uso de las herramientas, la tecnología constructiva, uso de materiales, y medidas de seguridad con relativa facilidad, y dado que la manipulación de los elementos que componen el sistema son relativamente mucho más livianos que los utilizados en la construcción tradicional húmeda, se ha convertido en una fuente laboral de gran interés en el sector del personal de obra.

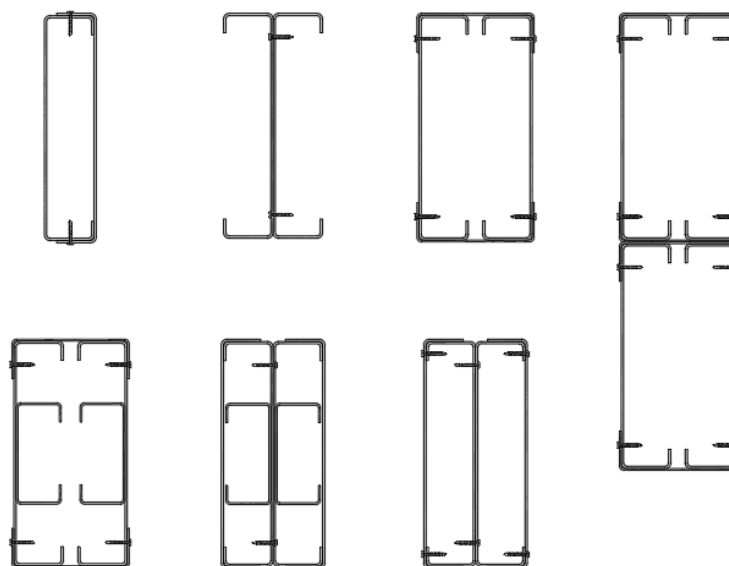


Figura 1. Detalles de refuerzos

Normativa de referencia

La verificación de estos elementos se realiza siguiendo el reglamento norteamericano AISI S100, adaptado en el ámbito local a través de CIRSOC 303, que toma como base dicho estándar. Trabajar con perfiles de bajo espesor introduce particularidades de cálculo que no están presentes en perfiles laminados en caliente: la alta esbeltez de las paredes los hace especialmente sensibles a fenómenos de pandeo local, distorsional y global, lo que exige métodos de verificación específicos y un control riguroso de las propiedades geométricas reales de cada perfil, dado que pequeñas variaciones de espesor o de forma pueden modificar significativamente su capacidad resistente (CIRSOC, 2009).

Integración estructural: el sistema como conjunto

A diferencia de las estructuras tradicionales de hormigón armado o mampostería, donde la capacidad resistente suele asociarse al comportamiento individual de vigas, columnas o muros, en el sistema Steel Framing la estabilidad global depende del funcionamiento integrado de todos los elementos que conforman la estructura. La resistencia de un perfil individual resulta insuficiente para describir el comportamiento del edificio, ya que la respuesta estructural se obtiene a partir de la interacción entre los paneles portantes, los diafragmas horizontales, los sistemas de arriostramiento y las uniones mecánicas que garantizan la continuidad del recorrido de cargas.

Bajo acciones gravitatorias, las cargas son transmitidas desde la cubierta y los entrepisos hacia los montantes de los paneles resistentes y, posteriormente, a las fundaciones. Frente a acciones horizontales, como el viento o el sismo, los diafragmas de piso y cubierta distribuyen los esfuerzos hacia los paneles arriostrados, que finalmente los transfieren mediante los anclajes al sistema de fundación. Esta secuencia evidencia que cada componente cumple una función específica dentro del

comportamiento global de la estructura y que la modificación de cualquiera de ellos puede alterar significativamente la respuesta del conjunto.

Por este motivo, el diseño estructural debe analizar el edificio como un sistema tridimensional continuo, verificando no sólo la resistencia de cada elemento, sino también la correcta transmisión de esfuerzos entre todos los componentes. La ubicación de los paneles resistentes, la continuidad de las trayectorias de carga y la adecuada distribución de la rigidez son factores determinantes para garantizar un comportamiento estructural eficiente.

Uno de los aspectos más importantes corresponde al diseño de los sistemas de arriostramiento, responsables de proporcionar rigidez frente a las acciones horizontales y limitar los desplazamientos laterales de la estructura. Dependiendo de las características del proyecto, pueden emplearse diferentes soluciones, entre las que se destacan:

- **Cruces de San Andrés o diagonales metálicas**, utilizadas para resistir esfuerzos de tracción y proporcionar rigidez al panel.
- **Placas estructurales** (OSB o fenólico estructural), que actúan como paneles de corte transmitiendo esfuerzos mediante sus fijaciones perimetrales.
- **Flejes o cintas metálicas**, empleados principalmente como elementos de arriostramiento liviano.
- **Sistemas mixtos**, que combinan placas estructurales y diagonales para optimizar el comportamiento resistente.

- ① PANEL SEGUN PLANO Y ESPECIFICACIONES
- ② BLOCKING SEGUN PLANO
- ③ FLEJE O STRAPPING SEGUN ESPECIFICACIONES
- ④ ACCESORIO PARA TENSAR FLEJES O STRAPPING
- ⑤ CARTELA Y ATORNILLADO SEGUN DETALLE
- ⑥ ACCESORIO TIPO ESCUADRA Y ANCLAJE
- ⑦ VIGA DE FUNDACION SEGUN PLANO
- ⑧ MONTANTE DOBLE EN EXTREMOS SEGUN DETALLE
- ⑨ PGU PARA DIAGONAL SEGUN DETALLE
- ⑩ DIAGONAL PGC IGUAL AL PANEL SEGUN DETALLE
- ⑪ MONTANTE HORIZONTAL PGC IGUAL A DIAGONAL SEGUN DETALLE

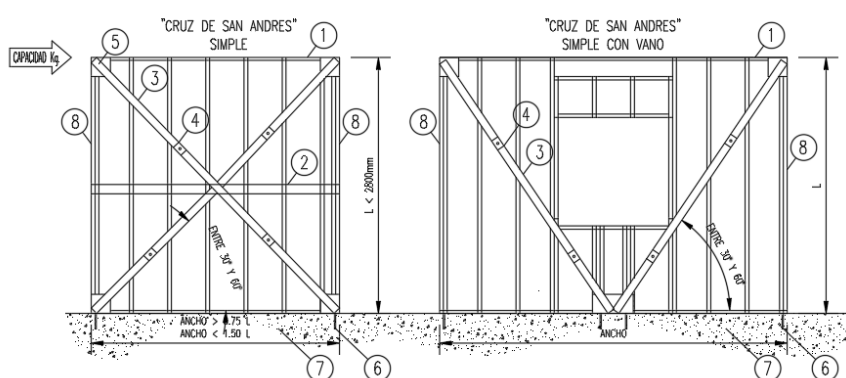


Figura 2. Detalles de tipos de arriostramiento

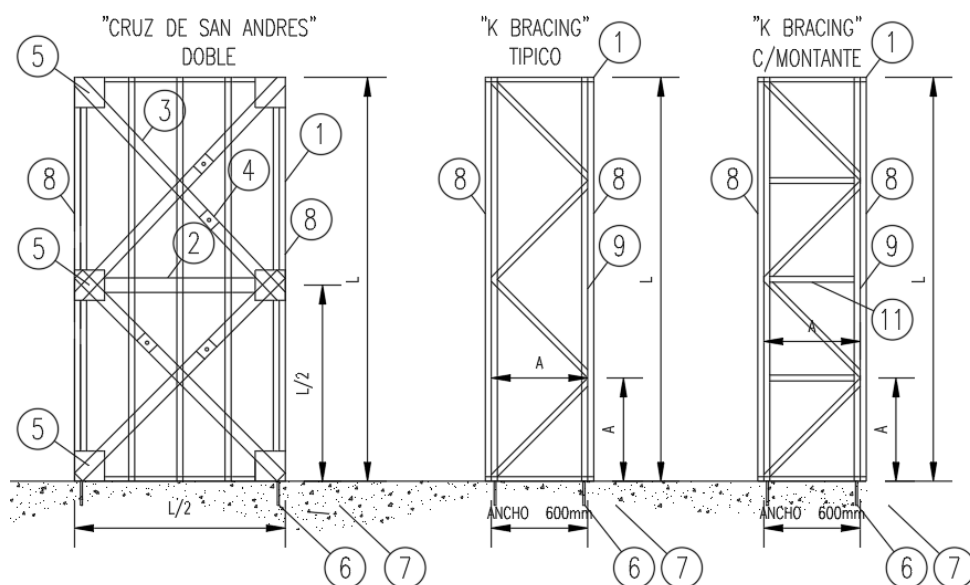


Figura 3. Detalles de tipos de arriostramiento

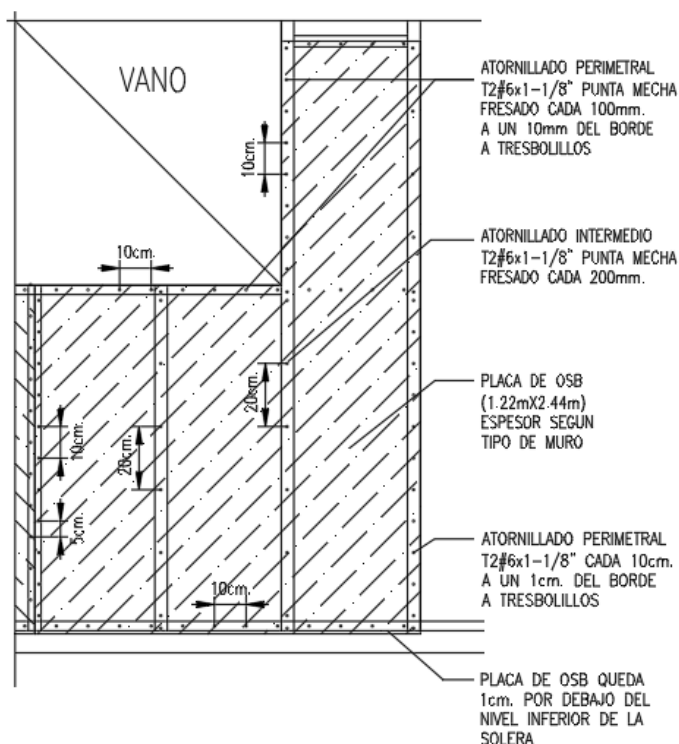


Figura 4. Detalles de arriostramiento con placa

La elección del sistema depende de las acciones actuantes, la geometría del edificio, las restricciones arquitectónicas y la estrategia constructiva adoptada. En todos los casos, su correcta distribución resulta fundamental para garantizar una

adecuada respuesta estructural.

La eficiencia del sistema resistente también está directamente relacionada con la regularidad estructural de la edificación. Una distribución aproximadamente simétrica de los paneles arriostrados permite minimizar excentricidades entre el centro de masas y el centro de rigidez, reduciendo los efectos torsionales y favoreciendo una distribución uniforme de esfuerzos. Por el contrario, configuraciones con grandes aberturas, dobles alturas, importantes voladizos o discontinuidades en los paneles resistentes generan trayectorias de carga más complejas que requieren soluciones específicas de rigidización y un análisis estructural más detallado.

Desde el punto de vista del proyecto ejecutivo, la integración estructural no finaliza con el cálculo. Las hipótesis adoptadas durante el análisis deben trasladarse de manera precisa al modelo paramétrico BIM, Building Information Modeling, y a la documentación de fabricación, asegurando que la disposición de paneles, arriostramientos, uniones y anclajes sea consistente con el comportamiento estructural previsto. La coordinación entre cálculo, modelado y fabricación constituye uno de los principales factores para reducir errores durante el montaje y garantizar que la estructura ejecutada reproduzca fielmente el modelo estructural verificado.

Interacción con otros sistemas constructivos

Una de las aplicaciones más frecuentes del Steel Framing en Argentina corresponde a ampliaciones o sobreelevaciones sobre estructuras existentes de hormigón armado o mampostería. La baja incidencia del peso propio convierte al sistema en una alternativa especialmente conveniente para este tipo de intervenciones, ya que permite incorporar nuevos niveles reduciendo significativamente las cargas transmitidas a la estructura existente.

No obstante, la combinación de sistemas constructivos con características mecánicas diferentes requiere un análisis específico de la interacción estructural. Mientras que las estructuras tradicionales presentan elevada rigidez y masa, el Steel Framing basa su comportamiento en la acción conjunta de paneles, diafragmas y arriostramientos, por lo que resulta indispensable compatibilizar ambos sistemas para asegurar un funcionamiento adecuado.

Entre los principales aspectos que deben verificarse durante el diseño se destacan:

- **Compatibilidad del recorrido de cargas**, garantizando que las nuevas acciones sean transmitidas correctamente hasta la estructura existente.
- **Diseño de las uniones y anclajes**, verificando la transferencia segura de esfuerzos entre ambos sistemas.
- **Capacidad resistente de la estructura existente**, evaluando tanto los elementos estructurales como las fundaciones cuando corresponda.
- **Compatibilidad de deformaciones**, evitando desplazamientos diferenciales que puedan afectar el comportamiento global o producir patologías durante la vida útil de la edificación.

En este tipo de proyectos, la ingeniería estructural adquiere un papel fundamental, ya que el correcto desempeño de la ampliación no depende únicamente del

Organiza:

dimensionamiento de la nueva estructura, sino también de la forma en que ambas tecnologías constructivas trabajan de manera conjunta. La adecuada integración entre cálculo estructural, documentación ejecutiva y proceso constructivo permite desarrollar soluciones seguras, eficientes y compatibles con las condiciones particulares de cada intervención.

Acción del viento y sismo

Las reducidas masas propias de las estructuras de Steel Framing modifican el enfoque de diseño respecto de los sistemas constructivos tradicionales. Debido a que las acciones sísmicas son directamente proporcionales a la masa de la estructura, la disminución del peso propio genera, en la mayoría de los casos, una reducción significativa de las solicitaciones sísmicas. En consecuencia, para gran parte de las viviendas unifamiliares de una planta, la acción del viento suele constituir la condición de carga más desfavorable para el dimensionamiento de los paneles estructurales, los sistemas de arriostramiento, los diafragmas horizontales y los anclajes a fundación.

No obstante, esta condición no puede generalizarse para todos los proyectos. En viviendas de dos o más niveles, particularmente aquellas que incorporan entresijos húmedos, cubiertas pesadas o mayores luces estructurales, el incremento de la masa propia puede aumentar considerablemente la respuesta sísmica, haciendo necesario verificar ambas acciones y determinar cuál gobierna el diseño de cada elemento estructural. En estos casos, el análisis debe contemplar tanto las acciones horizontales originadas por el viento como las derivadas del sismo, considerando las combinaciones de carga establecidas por la normativa vigente.

En este sentido, el **Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes CIRSOC 103 – Parte I: Edificios** establece, en el Artículo 1.4.4 *Combinación de acciones de viento y sismo*, que cuando la acción característica del viento sea superior a 1,5 veces la acción sísmica, esta última puede despreciarse en el análisis estructural (CIRSOC, 2013). Este criterio resulta particularmente representativo en edificaciones livianas de Steel Framing, donde la acción del viento frecuentemente gobierna el diseño estructural.

Por este motivo, el desarrollo de proyectos en Steel Framing requiere una evaluación conjunta de ambas solicitaciones desde las etapas iniciales del diseño, verificando no sólo la resistencia de los perfiles individuales, sino también el comportamiento global de la estructura, la continuidad del recorrido de cargas y la capacidad de los sistemas de arriostramiento y anclaje para transmitir de forma segura las acciones horizontales hasta las fundaciones.

LA DOCUMENTACIÓN EJECUTIVA EN PROYECTOS REALES

Caso de Estudio N°1: Vivienda unifamiliar “Casa FER”. Villa Carlos Paz, Córdoba.

El primer caso corresponde a una vivienda unifamiliar de dos plantas, con una superficie cubierta aproximada de 277 m², desarrollada íntegramente en Steel Framing con perfiles de acero galvanizado conformados en frío.

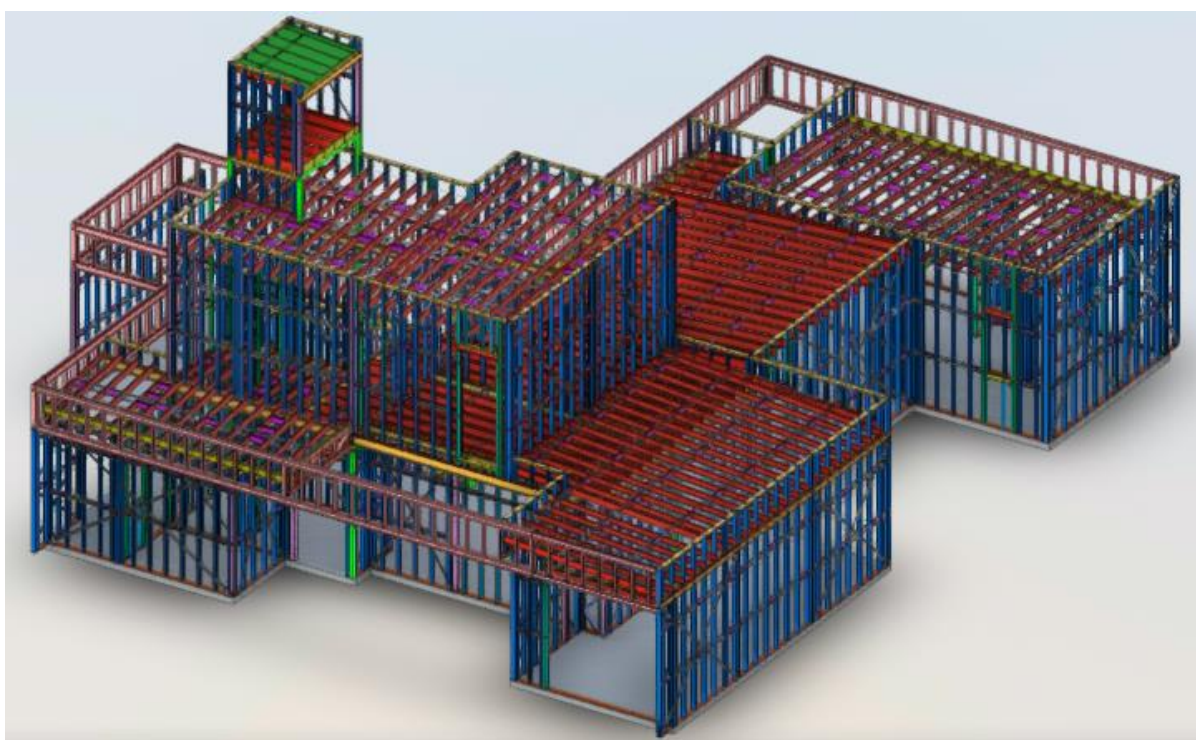


Figura 5. Representación tridimensional de la vivienda

La principal particularidad de este proyecto fue la necesidad de adaptar una vivienda originalmente diseñada para un sistema tradicional húmedo de mampostería y hormigón armado, con la platea de fundación ya ejecutada, a una solución íntegramente en Steel Framing, situación muy común que se da actualmente cuando el comitente decide ejecutar con esta tecnología constructiva. Esta condición implicó desarrollar la ingeniería estructural sin modificar la arquitectura existente, enfrentando desafíos asociados a la geometría irregular de la vivienda, la continuidad del recorrido de cargas y la compatibilización entre el diseño arquitectónico y el comportamiento estructural.

Durante el proceso de cálculo y modelado estructural se identificaron situaciones que requirieron un análisis específico, como la incorporación de un entrepiso con losa radiante húmeda, que incrementó significativamente las cargas permanentes, la

presencia de muros portantes apoyados sobre vigas del entrepiso, grandes luces estructurales y aberturas de importantes dimensiones que afectaban la rigidez de los paneles. Asimismo, la ubicación del tanque de agua sobre el sector de la escalera representó un desafío adicional para la resolución estructural y constructiva.

La respuesta a estas condiciones consistió en el desarrollo de soluciones específicas de refuerzo, incluyendo la incorporación de perfiles laminados tipo W, secciones compuestas para vigas principales, blocking estructural bajo muros portantes, columnas tubulares y refuerzos localizados en sectores críticos. A su vez, el análisis del comportamiento global permitió definir elementos de arriostramiento y aumentar la rigidez diafragmática mediante la incorporación de cruces de San Andrés y placas OSB en los sectores más comprometidos.

La experiencia obtenida durante este proyecto demostró que la coordinación permanente entre el cálculo estructural y el modelado BIM fue determinante para resolver las incompatibilidades propias de la adaptación del sistema constructivo. El trabajo conjunto permitió validar las soluciones estructurales, detectar interferencias antes de la fabricación y generar una documentación de panelizado precisa, reduciendo errores en obra y optimizando el proceso constructivo.

Este proyecto es un ejemplo, de los numerosos proyectos que llegan al estudio, donde ya se han diseñado con premisas de la construcción tradicional húmeda, muchas veces una platea ya ejecutada y el desafío que supone la adaptación del sistema a dichos condicionantes lo que muestra aún la necesidad de madurar este sistema constructivo que crece exponencialmente y en la industria aún no se han incorporado sus particularidades al proceso de diseño.

Caso de Estudio N°2: Vivienda unifamiliar, “Casa SEBA”. Noetinger, Córdoba.

Corresponde a una vivienda unifamiliar de una planta, con una superficie aproximada de 205 m², desarrollada íntegramente mediante el sistema Steel Framing. La estructura está conformada por perfiles de acero galvanizado conformados en frío, distribuidos en muros portantes, vigas de borde y elementos de arriostramiento. Desde el punto de vista arquitectónico, el proyecto presenta ambientes de grandes dimensiones, importantes aberturas en los muros perimetrales y un parapeto continuo en gran parte del perímetro de la cubierta, destinado a ocultar las canaletas pluviales y mejorar la estética de la vivienda.

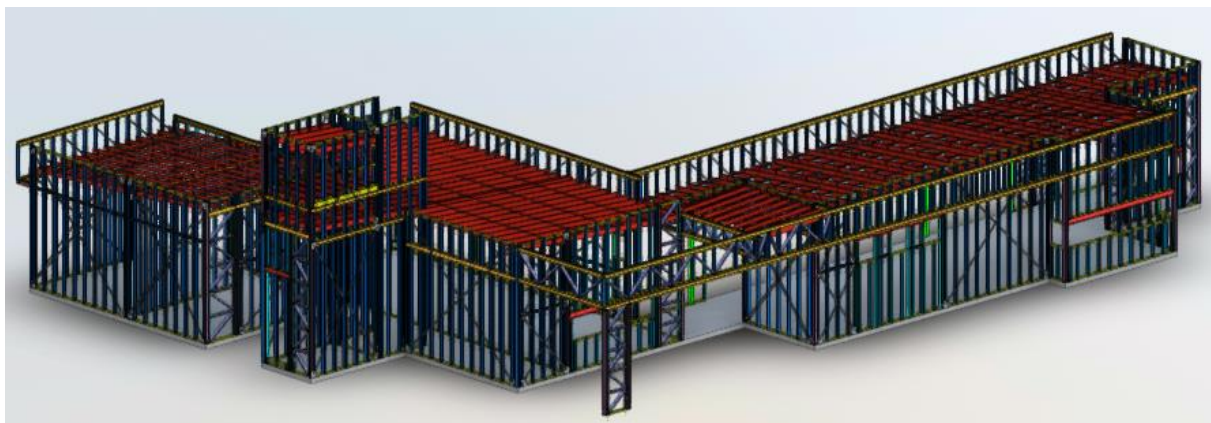


Figura 6. Representación tridimensional de la vivienda

Durante el proceso de cálculo se observó que la geometría irregular de la vivienda, junto con la escasa cantidad de muros transversales y los grandes vanos del sector social, reducían la rigidez lateral de la estructura frente a la acción del viento. Por lo que fue necesario revisar la capacidad resistente de los cabios de cubierta, reforzar los elementos destinados a soportar el tanque de agua y desarrollar una solución específica para garantizar la estabilidad del parapeto perimetral.

A partir de estas verificaciones se implementaron distintas medidas de optimización, entre ellas el incremento de los arriostramientos mediante cruces de San Andrés, la incorporación de perfiles tubulares en los sectores de mayores luces y vanos, el reemplazo de los montantes del tanque por columnas tipo cajón y la vinculación estructural del parapeto con la cubierta mediante elementos de unión y tensores. Estas soluciones permitieron mejorar el comportamiento global de la estructura sin modificar el planteo arquitectónico original.

Uno de los principales aprendizajes obtenidos durante el desarrollo del proyecto fue la importancia de la coordinación entre el equipo de cálculo estructural y el equipo de modelado BIM. Debido a la gran cantidad de paneles y elementos estructurales involucrados, resultó indispensable que el panelizado reprodujera con precisión las hipótesis adoptadas en el modelo de cálculo, especialmente en la ubicación de los arriostramientos, refuerzos y uniones. Esta coordinación permitió asegurar una correcta materialización de la estructura en obra, reduciendo interferencias y garantizando que las soluciones definidas durante el cálculo se ejecutaran conforme a lo previsto.

Caso de Estudio N°3: Ampliación en Planta Alta, “Vivienda La Carolina”.

Ciudad de Córdoba, Córdoba.

El presente caso corresponde a una ampliación de aproximadamente 41 m² desarrollada íntegramente mediante el sistema Steel Framing sobre la planta alta de una vivienda existente construida en mampostería portante. La intervención consistió en incorporar un nuevo nivel sin modificar sustancialmente la estructura resistente existente, aprovechando las ventajas que ofrece el reducido peso propio del sistema.

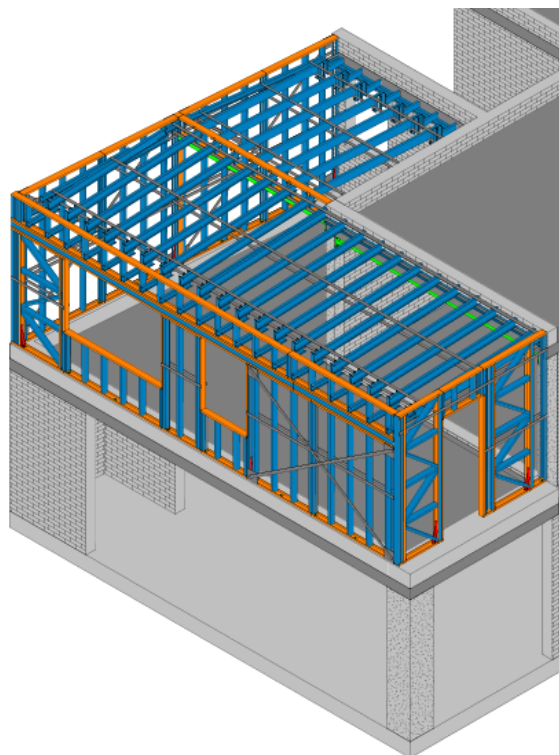


Figura 7. Representación tridimensional de la ampliación

Desde el punto de vista arquitectónico, la ampliación presenta una geometría relativamente irregular, caracterizada principalmente por una discontinuidad en el plano de cubierta que genera cambios en el recorrido de cargas y concentraciones locales de esfuerzos. Este tipo de configuraciones es habitual en ampliaciones y reformas, por lo que resulta necesario prever soluciones estructurales específicas que permitan mantener la continuidad resistente del sistema. En este proyecto, dichas zonas fueron resueltas mediante el empleo de perfiles dobles conformados en frío, vinculados alma con alma, incrementando la rigidez y la capacidad resistente de los elementos ubicados en los sectores de quiebre de la cubierta.

A diferencia de otras ampliaciones sobre edificaciones existentes, una de las principales ventajas de este proyecto fue que la vivienda original había sido diseñada contemplando una futura ampliación en planta alta. Como consecuencia, los paneles estructurales de Steel Framing apoyan directamente sobre vigas de hormigón armado ejecutadas durante la construcción inicial, proporcionando una adecuada capacidad

resistente y el espesor necesario para la correcta ejecución de los anclajes mecánicos y químicos. Esta condición permitió garantizar una transferencia eficiente de las cargas hacia la estructura existente, simplificando el diseño de las vinculaciones y reduciendo la necesidad de incorporar elementos de refuerzo adicionales.

Desde el punto de vista metodológico, este tipo de intervenciones pone de manifiesto la importancia del relevamiento previo y de la coordinación entre el cálculo estructural y el modelado 3D paramétrico BIM. A diferencia de las obras de nueva construcción, la precisión del modelo depende directamente de la calidad de la información relevada en la edificación existente. En consecuencia, el panelizado y la documentación ejecutiva deben desarrollarse sobre un modelo geoméricamente confiable, verificando permanentemente las dimensiones en obra para contemplar las tolerancias propias de las construcciones existentes y garantizar una correcta fabricación y montaje de los paneles.

La experiencia obtenida durante este proyecto permitió comprobar que las ampliaciones mediante Steel Framing constituyen una solución técnica eficiente cuando la estructura existente ha sido concebida para admitir futuras ampliaciones. No obstante, el éxito de este tipo de intervenciones continúa dependiendo de una adecuada compatibilización entre ambas estructuras, de la correcta definición de los sistemas de anclaje y de la verificación del recorrido de cargas desde los nuevos paneles hacia la estructura resistente existente. Asimismo, el proyecto evidenció la importancia de identificar tempranamente las discontinuidades geométricas de la cubierta y resolverlas mediante refuerzos locales que garanticen la continuidad estructural y la rigidez del conjunto. En este sentido, la integración entre el diseño estructural, el modelado BIM y la documentación ejecutiva resulta fundamental para materializar en obra las hipótesis adoptadas durante el cálculo y asegurar un comportamiento estructural acorde con los principios del sistema Steel Framing.

APRENDIZAJES DE LA PRÁCTICA

Mejora progresiva del proceso de cálculo y documentación

La experiencia obtenida durante más de diez años desarrollando proyectos de Steel Framing permitió establecer una metodología de trabajo basada en la **estandarización del proceso de diseño, cálculo y documentación**, incorporando criterios que optimizan tanto la calidad técnica de los proyectos como los tiempos de desarrollo.

Uno de los principales aprendizajes consistió en comprender que el diseño estructural debe comenzar con el análisis del comportamiento global de la edificación y no con el dimensionamiento individual de los perfiles. Para ello, se adoptó una metodología que prioriza una secuencia lógica de diseño, basada en:

- análisis de la arquitectura y de sus condicionantes estructurales;
- evaluación de la regularidad estructural y del recorrido de cargas;
- definición preliminar de los paneles resistentes y sistemas de arriostramiento;

- verificación del comportamiento global de la estructura;
- dimensionamiento y verificación de los elementos resistentes.

Este procedimiento permitió simplificar el proceso de cálculo, reducir iteraciones durante el diseño y mejorar la integración entre la ingeniería estructural, el modelado BIM y la documentación ejecutiva.

Otro aspecto fundamental fue la incorporación de la división entre Ingeniería Básica e Ingeniería de Detalles, metodología ampliamente utilizada en proyectos industriales, pero aún poco implementada en obras residenciales de Steel Framing. Mientras la Ingeniería Básica define el sistema resistente y verifica el comportamiento estructural, la Ingeniería de Detalles transforma esas definiciones en documentación para fabricación y montaje. Esta separación mejora la coordinación entre las distintas etapas del proyecto y reduce significativamente los tiempos destinados al panelizado y a la elaboración de planos.

Como parte de este proceso también se desarrolló un estándar de documentación, organizado mediante un conjunto de planos normalizados que conforman el Legajo del Proyecto Ejecutivo y el Legajo de Ingeniería de Detalles. La utilización de formatos, nomenclaturas y criterios gráficos uniformes facilita la interpretación de la información, disminuye errores durante la fabricación y permite trasladar de manera consistente las hipótesis adoptadas durante el cálculo estructural hasta la etapa de ejecución.

El Legajo del Proyecto Ejecutivo reúne la información necesaria para definir estructuralmente el proyecto e incluye, entre otros, los siguientes planos:

- **Portada, Notas Generales e Índice de Planos:** criterios de diseño, normas de referencia y especificaciones generales del proyecto.
- **Planta de Fundaciones:** disposición de las fundaciones, materiales adoptados y criterios generales de ejecución.
- **Detalles de Fundaciones:** detalles constructivos típicos de las fundaciones de hormigón armado.
- **Layout Estructural:** distribución de paneles portantes, vigas, cabios, arriostramientos y perfiles estructurales.
- **Detalles Constructivos:** conjunto de detalles normalizados correspondientes a uniones, encuentros, apoyos, refuerzos y soluciones típicas del sistema.

Una vez concluida la verificación estructural, se desarrolla el Legajo de Ingeniería de Detalles, destinado a la fabricación y montaje de la estructura. Este conjunto de planos está integrado principalmente por:

- **Portada con Vista 3D:** representación general de la estructura a fabricar.
- **Plano de Montaje:** identificación y ubicación de los paneles estructurales.
- **Plano de Panelizado:** definición individual de cada panel para su fabricación.
- **Plano de Arriostramientos:** ubicación y detalles de los paneles resistentes frente a acciones horizontales.
- **Plano de Anclajes:** disposición de los anclajes mecánicos y químicos necesarios para la correcta vinculación de la estructura.

La estandarización de estas metodologías y de la documentación permitió reducir tiempos de desarrollo, mejorar la coordinación entre cálculo, modelado BIM y fabricación, minimizar errores durante el montaje y asegurar que las hipótesis adoptadas durante el análisis estructural se materialicen correctamente en obra. En este sentido, la estandarización constituye uno de los principales factores para incrementar la productividad y consolidar un proceso de diseño compatible con los principios de la construcción industrializada.

Estandarización como motor de productividad

Contar con un estándar propio y con galerías de detalles tipo para la generación de la documentación de los proyectos contribuyó de manera significativa a aumentar la productividad del estudio, al reducir los tiempos de elaboración de planos y minimizar la variabilidad entre proyectos.

Curva de aprendizaje

La curva de aprendizaje en estos proyectos resulta muy rápida en comparación con sistemas tradicionales, dado que el Steel Framing es un sistema intuitivo tanto a la hora de modelarlo y verificarlo como de construirlo, lo que facilita la incorporación de nuevos profesionales y equipos de obra al proceso.

Mejora continua de estándares y tiempos

Con el desarrollo de cada proyecto de mayor complejidad, se fueron mejorando los criterios de diseño, verificación y documentación empleados, lo cual generó una disminución sostenida en los tiempos de desarrollo de los proyectos. Esta dinámica de mejora no fue puntual, sino que se mantuvo proyecto tras proyecto, consolidando estándares cada vez más eficientes para el estudio.

DESAFÍOS PENDIENTES PARA EL SECTOR

Mano de obra especializada

La falta de mano de obra especializada y de formación técnica específica, tanto en oficiales y capataces como en proyectistas y detallistas, es un desafío frecuente en la implementación de este sistema, derivado de la escasez general de profesionales y operarios formados en el sector de la construcción industrializada en el país. Esto implica una oportunidad para desarrollar nuevas habilidades, una nueva metodología de diseño y producción que incluye la logística y estrictos controles de calidad.

Normativa local

La necesidad de actualizar y ampliar la normativa local específica para Steel Framing constituye una problemática a mejorar en el ámbito normativo argentino, dada

la actual dependencia de criterios y reglamentos de origen extranjero (AISI) adaptados parcialmente al contexto local.

Gestión de proyecto

La industrialización del proceso constructivo exige anticipar decisiones de diseño con mucha mayor antelación que en la obra tradicional, lo que choca con la cultura de gestión vigente en buena parte del sector. Hasta el momento, la mejor solución para este desafío ha sido la incorporación de sistemas BIM en la documentación de estos proyectos, que permiten anticipar y coordinar decisiones de diseño antes del inicio de obra. Además, se logra automatizar el computo de materiales y el análisis de indicadores de performance del diseño desarrollo y comparar alternativas de manera simple en busca de la mejor solución posible.

Percepción del usuario final

A nivel de la sociedad, persisten barreras culturales vinculadas a la durabilidad percibida y la sensación de liviandad del sistema, en buena medida porque la población está acostumbrada a los sistemas de mampostería por una cuestión cultural arraigada en la tradición constructiva del país, principalmente de origen mediterráneo, sin embargo, en el estudio hemos pasado de 2 proyectos de Steel Framing desarrollados durante 2016 a más de 50 proyectos de Steel Framing durante 2025, lo que grafica el crecimiento exponencial y aceptación por el mercado, especialmente las nuevas generaciones en todo tipo de tipologías, ampliaciones en planta alta, vivienda social, edificios comerciales e institucionales, viviendas unifamiliares de alta gama, edificios multipropósitos entre otros. Además, es una tecnología muy utilizada para cerramientos exterior de estructuras de H°A° o estructura metálica pesada, como así también como tabiques divisorios internos portantes en industrias.

CONCLUSIÓN

La experiencia obtenida durante el desarrollo de los proyectos analizados permitió comprobar que el diseño estructural en Steel Framing trasciende la verificación individual de los perfiles. En estructuras de mayor complejidad, los principales desafíos se concentran en el análisis del comportamiento global del sistema, donde la geometría de la edificación, la distribución de los muros resistentes, el recorrido de cargas y la disposición de los arriostramientos resultan determinantes para garantizar la estabilidad estructural.

Los casos presentados demuestran que el desarrollo de proyectos de Steel Framing con configuraciones estructurales complejas requiere un análisis integral que permita compatibilizar los requerimientos arquitectónicos con el comportamiento resistente de la edificación. En este contexto, el cálculo estructural deja de centrarse únicamente en la verificación de elementos individuales y pasa a enfocarse en la respuesta global de la estructura, evaluando la interacción entre sus componentes y el recorrido de las cargas para garantizar un desempeño adecuado frente a las distintas sollicitaciones.

La experiencia también evidenció que la documentación ejecutiva constituye una etapa fundamental del proceso de ingeniería. La implementación de una metodología BIM permitió integrar el modelo estructural con el panelizado, trasladando con precisión las hipótesis de cálculo a la documentación de fabricación y montaje. Este proceso facilitó la detección temprana de interferencias, mejoró la coordinación entre los equipos de cálculo y fabricación, y aseguró la correcta materialización en obra de los elementos resistentes, especialmente de los sistemas de arriostramiento lateral.

El desarrollo de estos proyectos permitió comprobar que el potencial del Steel Framing no depende únicamente de las características del sistema constructivo, sino de la integración entre cálculo estructural, documentación BIM y procesos de fabricación industrializada. La coordinación entre estas disciplinas mejora la calidad de la documentación técnica, optimiza los tiempos de desarrollo y reduce la probabilidad de errores durante la ejecución, contribuyendo a una implementación más eficiente y confiable del sistema.

REFERENCIAS

Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles. (2013). *CIRSOC 103, Parte I: Reglamento argentino para construcciones sismorresistentes. Construcciones en general*. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles. (2009). *CIRSOC 303: Reglamento argentino para la utilización de perfiles de acero conformados en frío en estructuras*. Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Instituto de la Construcción en Seco (INCOSE). (s. f.). *Instituto de la Construcción en Seco*.

Secretaría de Vivienda y Hábitat. (2018). *Resolución 5-E/2018. Sistema constructivo Steel Framing*. Boletín