



UNNE  
FACULTAD DE INGENIERÍA

## TRABAJO FINAL

COMPARACIÓN ENTRE LA CONSTRUCCIÓN DE  
UN BARRIO DE VIVIENDAS CON STEEL  
FRAMING Y SISTEMA HÚMEDO TRADICIONAL

EN BARRIO EX - AERoclUB, CORRIENTES CAPITAL

AUTORES:

Arengo Piragine, Victoria  
Breard, Juan Cruz

2018

Autores:

Arengo Piragine, Victoria

Breard, Juan Cruz

Tutor

Mgter. Arq. Pilar, Claudia

Asesor

Ing. Sabadini, Fabián

## RESUMEN EJECUTIVO

### INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objetivo, como su nombre lo indica, la comparación entre un barrio de viviendas de interés social construido con el tradicional sistema húmedo y un sistema de construcción en seco: Steel framing.

Se realiza el estudio de los diferentes métodos constructivos aplicados a una vivienda, con el fin de determinar cuál de ellos se destaca en distintos puntos de comparación. Además, la realización del anteproyecto permitirá verificar la aplicabilidad del sistema constructivo steel framing a un barrio de viviendas de interés social siguiendo la normativa “Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social” la cual fue actualizada en el año 2017.

El planteo de un anteproyecto de un barrio de viviendas surge a raíz del continuo aumento de la población, y, conjuntamente, del incremento de la necesidad de vivienda en la ciudad de Corrientes Capital que, según los censos realizados en los años 2.001 y 2.010, fue de 8,93 %.

Los sistemas constructivos elegidos para la comparación son: el sistema húmedo con mampostería, el cual debe su nombre a la presencia de agua en las típicas mezclas utilizadas en él y el steel framing, que etimológicamente se define como un “bastidor de acero” en donde los elementos que forman parte de dicho esqueleto estructural se vinculan para soportar las cargas del edificio.

Por su lado, la construcción húmeda tradicional es un sistema constructivo formado por una estructura de paredes portantes, constituidas por mampuestos de diferentes materiales relacionados entre sí mediante morteros y elementos rigidizantes de hormigón armado. Utiliza comúnmente materiales como el hormigón como soporte estructural o bien, paredes portantes de ladrillos, bloques o piedras, materiales que también cumplen el rol de cerramientos.

La obra húmeda es el sistema de construcción más utilizado en Argentina y el más antiguo y, hasta el día de hoy, los planes de vivienda sociales plantean este sistema como método de construcción.

En el lado opuesto de la comparación se encuentra el steel framing, sistema constructivo que consiste en una estructura de perfiles de chapa de acero de bajo espesor separados cada 40 o 60 centímetros, que junto a distintos paneles y elementos, definen el cerramiento, funcionando todo como un conjunto resistente.

Es importante mencionar que mediante la Resolución 5-E-2018 de la Secretaría de Vivienda y Hábitat, publicada a principios del presente año, el steel framing pasa a ser construcción tradicional, significando la eliminación del trámite del Certificado de Aptitud Técnica (CAT) siempre y cuando el cálculo estructural siga lo establecido en el Reglamento CIRSOC 303 y la norma IRAM IAS U 500-205.

## METODOLOGÍA Y RESULTADOS

El anteproyecto se encuentra emplazado en el barrio Ex - Aeroclub de la ciudad de Corrientes, ocupando un terreno de 14 hectáreas.

Una vez establecida el área de trabajo, lo primero en diseñarse fue el barrio. En búsqueda de la continuidad de las vías alledañas existentes, según lo establecido en el Código de Planeamiento Urbano de la ciudad de Corrientes, se trazaron las calles interiores del barrio. Además, se agregaron otras que permitieron la definición de manzanas rectangulares de 100 m x 50 m, permitiendo un mejor aprovechamiento de la superficie.

En base a las medidas mínimas de los lotes, en función del tipo de distrito en el que se encuentra el barrio, quedaron definidas 260 parcelas.

Ya con un terreno tipo definido de 12,5 metros de frente por 25 metros de fondo, se diseñó una vivienda tipo. Al tratarse de una vivienda de interés social, la misma fue pensada para una familia tipo de cuatro integrantes con locales destinados a estar comedor, cocina, dormitorios, un baño y un lavadero y estacionamiento semicubiertos. Las medidas propuestas de los locales obedecieron a la modulación que deben seguir los perfiles metálicos en el sistema constructivo steel framing, eligiendo separaciones de 60 centímetros. También, acatan la idea de reducir desperdicio en cuanto a placas de cerramientos exteriores utilizadas en la misma metodología, las cuales vienen normalizadas de 1,20 m x 2,40 m. Por su parte, la construcción húmeda no posee restricciones en ese sentido.

Considerando lo dicho anteriormente y, respetando las características mínimas a cumplir según el Código de Edificación de la ciudad de Corrientes y la Norma de Estándares Mínimos de Calidad para Viviendas de Interés Social, se definió una vivienda de 74,34 m<sup>2</sup> considerando los espacios semicubiertos.

Como la ciudad de Corrientes se encuentra en una zona bioclimática cálida, fue importante tener en cuenta las orientaciones a la hora del diseño. Esta cuestión determinó la colocación de galerías y parasoles verticales en las viviendas que tienen sus dormitorios orientados al oeste.

Además, la zona bioclimática cálida conllevó a diseñar viviendas de semiperímetro libre, donde las transferencias de calor se reducen por menor superficie en contacto con el ambiente. Esta configuración de viviendas “apareadas” permitió levantar la pared medianera entre ellas, materializada en mampostería, sobre la cual apoyará el tanque de reserva. Éste muro medianero, brinda a su vez, rigidez al prototipo realizado con steel framing.

En cuanto a la fundación de las viviendas, se analizó la irregularidad del terreno, el tipo de suelo, la profundidad del estrato resistente a las cargas y la profundidad de la napa freática.

El terreno en cuestión resultó relativamente plano luego de haber analizado las cotas altimétricas del mismo y no haber encontrado mucha diferencia de altura entre los puntos de menor y mayor nivel. Por otro lado, mediante resultados de un ensayo de penetración estándar en el suelo estudiado, se observó que el primer estrato de suelo se trataba de una arcilla pardo-rojiza la cual se extendía hasta 1,10 m de profundidad, siendo la capa más resistente la más cercana a la superficie.

Fue de vital importancia a la hora del análisis comparativo de las viviendas construidas con los dos sistemas planteados elegir un tipo de fundación compatible con ambas, cuidando de no afectar la seguridad estructural de las viviendas; ni generar un sobrecosto. Además, como el anteproyecto se trata de un barrio de viviendas, también influyó en la elección la facilidad de construcción de la fundación, ya que esto compete al movimiento de suelo necesario para materializarla. Resumidos los puntos de análisis anteriormente, se optó por la ejecución de una platea de hormigón armado. Como rigidización de la misma, se plantearon vigas perimetrales debajo de las paredes portantes. También se consideraron dos espesores de la losa de fundación, de menores dimensiones a los alrededores de la vivienda, generando una vereda perimetral, encargada de alejar el agua de la estructura.

Ya dimensionada la fundación se procedió al análisis estructural de la vivienda. Al ser un prototipo de una sola planta, no se realizó un cálculo para la versión con mampostería, solo se reprodujo la misma teniendo como base una vivienda propuesta por el Instituto de Vivienda de Corrientes (INVICO). Por otro lado, sí se realizó el análisis estructural de los perfiles que componen el entramado metálico del prototipo con steel framing. Al consistir éste en una estructura muy liviana se tuvieron en mayor consideración las cargas de succión generadas por la acción del viento.

Para poder dar una mayor resistencia a los efectos del viento, se realizó el análisis estructural considerando un conjunto de dos casas con pendientes de un agua hacia los lados unidas en el medio por un muro medianero de ladrillos comunes. Quedó generada así una estructura con pendiente a dos aguas con un elemento rigidizador en el medio de éstas que se analizó ante la acción del viento en dos direcciones principales según el Reglamento argentino de vientos CIRSOC 102.

En el cálculo y verificación de los perfiles se tomó como hipótesis que sólo la estructura metálica es la encargada de resistir todos los esfuerzos a los que está sometida la vivienda.

En primer medida se estudiaron las uniones entre elementos metálicos teniendo en cuenta sus correspondientes solicitaciones, siendo el esfuerzo de diseño en todas, el arrancamiento.

Finalmente se estudiaron todos los paneles a reforzar con sus respectivas cargas en función de la combinación de éstas que generaban los efectos más perjudiciales en la estructura, en búsqueda de los perfiles que se encontraban más solicitados a cada uno de los respectivos esfuerzos. Hallados estos, se calcularon sus resistencias de diseño en función de lo establecido en el reglamento CIRSOC 303 y se compararon que sean mayores a las resistencias requeridas.

Para el cálculo de solicitaciones se utilizó el programa FTool, ingresando como datos las medidas geométricas de los perfiles, su respectivo material y las cargas existentes. Además, se utilizó el programa Section Framework para el cálculo del área efectiva de los perfiles, factor influyente en las verificaciones a flexión y compresión.

Cabe destacar la importancia de los paneles rigidizantes unidos a las alas de los montantes, ya que con estos se logra que en el sistema estructural se solventen las posibilidades del pandeo local en las alas de los perfiles y de flexión sobre el eje de menor inercia (eje y-y).

Dando por finalizado el cálculo y verificación de los perfiles estructurales y sus correspondientes uniones se procedió a analizar los cerramientos de ambos sistemas, tanto

verticales como los de cubierta. El análisis comprendió la definición de los cerramientos en sí y sus características: coeficiente de transmitancia térmica y riesgo de condensaciones lo que permitieron la posterior verificación del confort higrotérmico establecido por la norma de Estándares Mínimos de Calidad para Viviendas de interés social.

En primera instancia se definieron los cerramientos verticales: mientras que el muro con mampostería consistió en ladrillos cerámicos huecos revocados a ambos lados según su ubicación en la vivienda, la pared que une el interior con el exterior con steel framing está compuesta por un conjunto de capas. Estos distintos elementos que conforman las capas quedan unidos entre sí mediante tornillos especiales y cumplen diferentes funciones: cerramiento interior, barrera de vapor, aislación térmica, rigidización, barrera de agua y viento y cerramiento exterior.

Definidos estos dos cerramientos verticales, se calcularon los valores de transmitancia térmica (K) para ambos casos, resultando un K de 1,23 para el caso de mampostería y un K de 0,53 para el caso de steel framing. Siendo el K admisible 1,10 establecido por la norma para un confort higrotérmico medio, solo verificó el muro multicapas.

Por otro lado, se calculó el riesgo de condensación en función de las temperaturas interiores y exteriores de la vivienda según lo establece la norma IRAM 11.625, también para ambos sistemas, verificando nuevamente solo la de steel framing.

En cuanto al diseño de la cubierta, se definieron iguales aislaciones para ambos casos: una aislación térmica con barrera de vapor inmediata al cielorraso y, debajo de la chapa de la cubierta, una membrana termohidrófuga. Además, como estructura de la propuesta húmeda se dispuso de correas metálicas, mientras que en el de steel framing se plantearon cabreadas compuestas por perfiles galvanizados de pequeño espesor, al igual que el resto de los perfiles del sistema.

Con todos los elementos de la cubierta determinados, se calculó el coeficiente de transmitancia térmica resultando  $K = 0,57$ , menor que la admisible para el confort higrotérmico de grado B, logrando cumplir con condiciones de confort media.

Si bien los nombrados coeficientes ya caracterizaron térmicamente a las viviendas en sus dos versiones por medio de sus cerramientos, se decidió proseguir con un análisis global que considere también las transferencias de calor por radiación solar, fuentes internas y ventilación, además de tener en cuenta las aberturas existentes.

Siguiendo el procedimiento establecido en la norma IRAM 11.659, se calculó la carga térmica total de refrigeración de cada vivienda como también el coeficiente volumétrico de refrigeración. Dichos valores fueron comparados con los admisibles dando resultado positivo para la vivienda con steel framing, mientras que el prototipo realizado con mampostería no verificó. Estos valores también permitieron determinar la cantidad y potencia de equipos de acondicionamiento necesarios para cada vivienda. En dicho análisis resultó que para la vivienda realizada con perfilera metálica se necesitaban equipos de menor potencia.

Otro punto de análisis importante fue la rapidez de ejecución. Para ello se realizó un estudio en base a los distintos rubros requeridos para materializar la vivienda prototipo en ambos sistemas

constructivos y cuánto tiempo demandaba cada uno de ellos, para así poder determinar el tiempo total de terminación de la obra.

Al tratarse de un barrio de viviendas, se tomó para el análisis un conjunto de unidades igual a la mitad de las existentes en una manzana, para así poder utilizar la mitad restante de la misma como obrador, estableciendo un lugar para el acopio de los materiales y suprimiendo de esta manera los tiempos muertos de la construcción.

Para el caso de viviendas construidas con steel framing, el tiempo obtenido en el análisis fue de 4 meses para la finalización del conjunto de viviendas, mientras que para el sistema húmedo, fue de 6 viéndose una disminución de 33 % en estos periodos.

Otro ítem a considerar en la comparación entre los dos sistemas constructivo fue el mantenimiento. El mismo fue analizado en sus distintos aspectos.

En cuanto a cerramientos interiores y exteriores, en el caso de steel framing, está directamente relacionado con las terminaciones elegidas teniendo que realizar para el prototipo elegido solo el tomado de juntas de las placas de yeso interior y la renovación de pintura cada 5 años de paramentos interiores y exteriores. En el otro lado se encuentra la pared de mampostería que solo requiere de un repintado periódico para mantener a la pared aislada frente a la humedad. Dicho mantenimiento no requiere que la mano de obra sea especializada, lo cual si es el caso para el mantenimiento en steel framing.

Por otro lado, el mantenimiento en las instalaciones en ambos sistemas se lo consideró distinto puesto que en steel framing, las cañerías se encuentran colocadas entre los perfiles estructurales, mientras que en la construcción tradicional estas se encuentran amuradas.

Finalmente, se analizó el punto más importante de la comparación: los costos. Para ello, en primer lugar, se realizó el cómputo métrico de cada uno de los sistemas, subdividiendo los trabajos de la obra en diferentes rubros, y éstos a su vez, en distintos ítems elementales agrupados y ordenados según la secuencia lógica de ejecución.

Ejecutado el cómputo de cada vivienda, se procedió a realizar el costo – costo mediante el método de análisis de precios unitarios, en el cual se discrimina el costo de los materiales y el costo de la mano de obra.

Para el análisis del costo de los materiales se consultaron proveedores locales y revistas especializadas (revista Arquitectura & Construcción n°398, noviembre 2018), mientras que para el análisis del costo de la mano de obra se obtuvo multiplicando la cantidad de horas necesarias para la ejecución de la obra por ítem por el jornal real del obrero.

En el caso de steel framing se consideraron obreros con el rango de oficiales especializados, mientras que las horas necesarias de ejecución de cada tarea se calcularon en base al rendimiento provisto por empresas privadas que se dedican a realizar el sistema en la región.

El costo – costo se calculó entonces sumando los costos de material más los costos por mano de obra por rubro.

Se prosiguió con el cálculo del costo, siendo el mismo la suma del costo – costo más los gastos generales de la obra. En estos gastos generales se incluyeron por un lado los gastos generales directos, propios de la obra y los gastos generales indirectos, propios de la empresa.

Como el trabajo planteado es a nivel de anteproyecto, se tomó la simplificación de que los gastos generales representan aproximadamente un 15% del costo – costo. Sin embargo, esta simplificación aplicada a ambos sistemas no permitiría ver la reducción en gastos generales directos mensuales que se obtiene por la reducción de tiempos de obra para el caso del prototipo realizado con perfiles metálica.

Para tener en cuenta entonces la rapidez de ejecución, consideramos realizar la simplificación de adoptar como gastos generales un 10% del costo – costo en el cálculo de costo del prototipo con steel framing.

Finalmente, se calculó el precio de oferta. El mismo incluye además de todos los costos de la obra en sí y del beneficio que recibe la empresa, los impuestos que se deben abonar como ser el Impuesto al valor agregado (IVA) e ingresos brutos.

Los valores pueden verse en la tabla 1.

*Tabla 1: Precio de oferta por vivienda tipo. (Elaboración propia).*

Sistema constructivo	Costo de Materiales (S/ IVA)	Costo de Mano de Obra	Costo - Costo	Gastos generales	Costos	Beneficio	Precio	Impuestos	Precio de oferta	
									Total	\$/m2
Steel framing	722.172,70	331.362,32	1.053.535,02	105.353,50	1.158.888,52	115.888,85	1.274.777,38	315.507,40	1.590.284,78	24.338,61
Sistema húmedo con mampostería	513.276,14	426.094,29	939.370,43	140.905,56	1.080.276,00	108.027,60	1.188.303,59	294.105,14	1.482.408,73	22.687,61

Luego del análisis de los precios, se procedió a realizar la evaluación del anteproyecto para ver su conveniencia de implementación a nivel social. Se decidió evaluar al anteproyecto de tal manera dado que se trata de un barrio de viviendas de interés social.

Para las evaluaciones, se consideraron como beneficios sociales los valores de las viviendas antes de ser aplicados los impuestos. Por otro lado, a la evaluación del anteproyecto del barrio de viviendas con steel framing se le agregó el beneficio que se obtuvo por ahorro energético en equipos de acondicionamiento con respecto al del sistema húmedo tradicional.

Para un flujo de beneficios netos para todo el barrio de viviendas, con un horizonte de 20 años, considerando 12% como tasa de oportunidad, se calcularon finalmente los Valores Actuales Netos para ambos sistemas, resultando:

*Tabla 2: Valores del VAN para una tasa de oportunidad de 12 % para ambos prototipos de viviendas. (Fuente: Elaboración propia).*

VAN <sub>12%</sub> social	
Sistema húmedo con mampostería	Steel framing
\$63.538.647	\$98.515.120

Cabe destacar que en el análisis del barrio de viviendas solo están consideradas las unidades habitacionales y no los demás elementos del barrio, puesto que en ambos sistemas se mantendrían iguales en ambos proyectos.

## CONCLUSIONES

En primer lugar, se puede confirmar la aplicabilidad del sistema steel framing para la construcción de un barrio de viviendas sociales ya que, para las distintas prestaciones que posee, la diferencia en el costo por metro cuadrado de vivienda con respecto al sistema húmedo tradicional es solo de un 6,8%.

Por otro lado, los valores de VAN positivos indican la conveniencia de ambos proyectos desde el punto de vista social, mientras que la diferencia en el valor entre ambos sistemas se remite a la eficiencia energética que posee la vivienda con perfilería metálica.

El sistema constructivo steel framing destaca su conveniencia en los aspectos de rapidez de ejecución, confort higrotérmico y ahorro energético, dada esta última por la reducción de espesores de muros.

En el lado opuesto, el sistema húmedo tradicional se aventaja con respecto al otro sistema por costos y mano de obra existente en el mercado local, sin necesidad de invertir en capacitación de trabajadores.

## ÍNDICE

Resumen ejecutivo.....	
Índice.....	
1. Introducción.....	1
1.1    Objetivos.....	1
1.2    Localización del proyecto.....	1
Caracterización geográfica.....	2
Clima.....	4
Caracterización hidrológica.....	4
Topografía.....	6
1.3    Crecimiento poblacional.....	7
1.4    Posibles soluciones: Sistemas constructivos.....	8
1.4.1    Construcción húmeda o tradicional.....	8
1.4.2    Construcción en seco: Steel framing.....	9
1.5    Fundamentos de la comparación.....	10
2. Diseño del barrio de viviendas.....	11
2.1    Dimensiones mínimas según las normativas vigentes.....	11
2.2    Definición del barrio de viviendas.....	12
2.3    Recomendaciones en cuanto al impacto ambiental.....	14
2.4    Extensión de servicios existentes.....	15
2.5    Orientación de los lotes.....	16
2.6    Consecuencias de la construcción del barrio de viviendas.....	17
3. Diseño de la vivienda tipo.....	19
3.1    Viviendas de uso social en Corrientes.....	19
3.2    Normativa vigente.....	21
3.3    Diseño elegido.....	23
Superficie edificada.....	23
Orientaciones.....	25
Posibilidad de ampliación.....	26
Espacios verdes.....	27
Instalaciones.....	28
4. Fundaciones.....	31
4.1    Estudio del suelo.....	31
4.2    Elección del tipo de fundación.....	34
4.3    Diseño de la platea de fundación.....	35
4.4    Cálculo estructural.....	36
4.5    Encuentros entre platea y muro de elevación.....	37
5. Análisis estructural de perfiles para steel framing.....	40
5.1    Consideraciones estructurales.....	40
5.2    Análisis de cargas .....	42
5.3    Análisis estructural de paneles de steel framing.....	44
5.4    Conclusiones.....	56
6. Análisis higrotérmico de cerramientos.....	58
6.1    Introducción.....	58
6.2    Cerramientos verticales.....	59
6.2.1    Steel framing.....	59
6.2.2    Sistema húmedo con mampuestos.....	65
6.3    Cubiertas.....	68
7. Características de los sistemas: rapidez de ejecución, sostenibilidad y mantenimiento. 71	
7.1    Rapidez de ejecución.....	71

7.2	Sostenibilidad.....	72
	Ventilación cruzada.....	73
	Ahorro energético.....	74
	Estacionamiento permeable.....	77
	Energías renovables.....	78
	Agricultura urbana.....	81
	Materiales.....	81
7.3	Mantenimiento.....	82
8.	Cómputo, presupuesto, evaluación económica y financiera.....	85
8.1	Cómputo.....	85
8.2	Costo – costo .....	87
8.3	Costo.....	89
8.4	Precio.....	89
8.5	Precio de oferta.....	89
8.6	Evaluación económica.....	90
9.	Comparación integral entre ambos sistemas .....	92
9.1	Superficie útil.....	92
9.2	Instalaciones.....	92
9.3	Confort higrotérmico.....	93
9.4	Ahorro energético.....	93
9.5	Rapidez de ejecución.....	93
9.6	Mano de obra.....	93
9.7	Presupuesto.....	94
9.8	Mantenimiento.....	94
9.9	Evaluación económica (social) .....	94
9.10	Conclusiones.....	95
	Bibliografía.....	96
	Anexos.....	

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Objetivos

El presente trabajo tiene como objetivo central la comparación entre dos unidades habitacionales edificadas con dos métodos constructivos diferentes: la tradicional construcción húmeda, utilizando mezclas y mampuestos, con una con estructura de perfiles conformados en frío de chapa cincada.

Esta unidad habitacional será comparada tanto individualmente como en conjunto para un barrio de viviendas, el cual estará localizado en el barrio Ex-Aeroclub en la ciudad de Corrientes.

El alcance del barrio de viviendas es de un anteproyecto y permitirá determinar en qué aspectos resulta más adecuada cada metodología en cuanto a costos, rapidez de ejecución, confort, mantenimiento y sustentabilidad para un barrio de viviendas sociales.

### 1.2 Localización del proyecto

El anteproyecto se localiza en el barrio Ex-Aeroclub en la ciudad de Corrientes, capital de la provincia homónima de la República Argentina (figura 1.1). Se encuentra enmarcado por la avenida La Paz al este, la calle Viedma al sur, la calle Dr. V. Bonastre al oeste, y la calle Teniente Cundom al norte (figura 1.2).

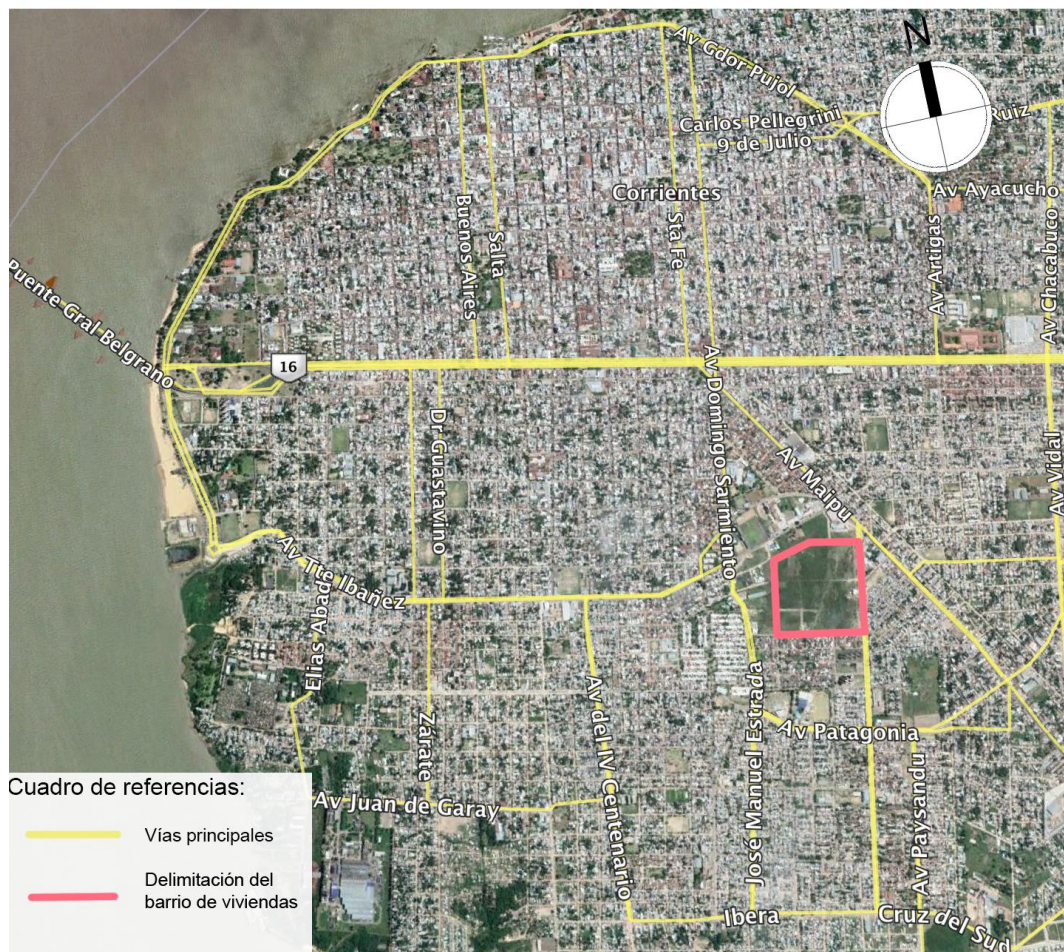


Figura 1.1 Emplazamiento del barrio de viviendas en la ciudad de Corrientes (fuente Google Earth). Sin escala.



*Figura 1.2 Delimitación del anteproyecto por sus calles exteriores (fuente: Google Earth). Sin escala.*

### Caracterización geográfica

La provincia de Corrientes se encuentra localizada en el noreste de la República Argentina en la región del Litoral (figura 1.3). Esta, lindante al este con los países de Uruguay y Brasil, encuentra su límite en esta dirección en el río Uruguay. En cuanto al sur, su frontera con la provincia de Entre Ríos son los ríos Guayquiraró y Mocoretá. Por otro lado, el río Paraná la separa al oeste de Chaco y Santa Fe, y al norte, de la República del Paraguay. Al noreste, los arroyos Itaembé y Chimiray definen el límite con la provincia de Misiones.



*Figura 1.3 Mapa político de la República Argentina con delimitación de sus regiones (fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)). Sin escala.*

La superficie que abarca esta provincia es de 88.199 km<sup>2</sup>, siendo la octava con más superficie en Argentina y encontrándose subdividida en 25 departamentos (figura 1.4). El de Capital se encuentra al noroeste de la provincia quedando delimitado al norte y oeste por el río Paraná que lo separa de la provincia del Chaco. Al este, es lindante con los departamentos de San Cosme y San Luis del Palmar, y al sur, con el de Empedrado. Por otro lado, la ciudad cabecera de este departamento es la de Corrientes, que posee una superficie de 90 km<sup>2</sup>, extendiéndose en 125 barrios (figura 1.5). Dentro de estos, el proyecto se emplaza en el denominado Ex-Aeroclub, un barrio residencial localizado a aproximadamente 900 metros del barrio Centro de la ciudad existiendo como principal vía de conexión entre ambos la avenida Maipú.



Figura 1.4 Mapa político de la provincia de Corrientes (fuente: IGN). Sin escala.

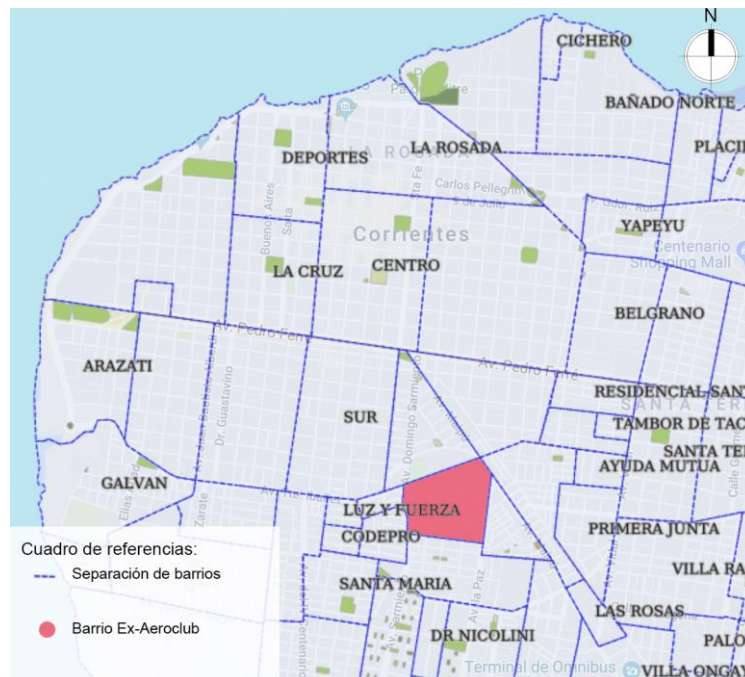


Figura 1.5 Mapa de barrios de la ciudad de Corrientes (fuente: Municipalidad de Corrientes). Sin escala.

## Clima

La ciudad de Corrientes tiene un clima subtropical sin una clara estación seca, por más que se presencien precipitaciones menores durante el invierno. La temperatura anual promedio es de 21°C con amplitudes térmicas bajas tanto diarias como estacionales, habiéndose registrado picos absolutos de 43°C y -3°C. Otra característica particular es que como la ciudad limita al norte y oeste con el río Paraná, este ejerce una influencia moderadora sobre las temperaturas mínimas, que son menores en las áreas alejadas del mismo.

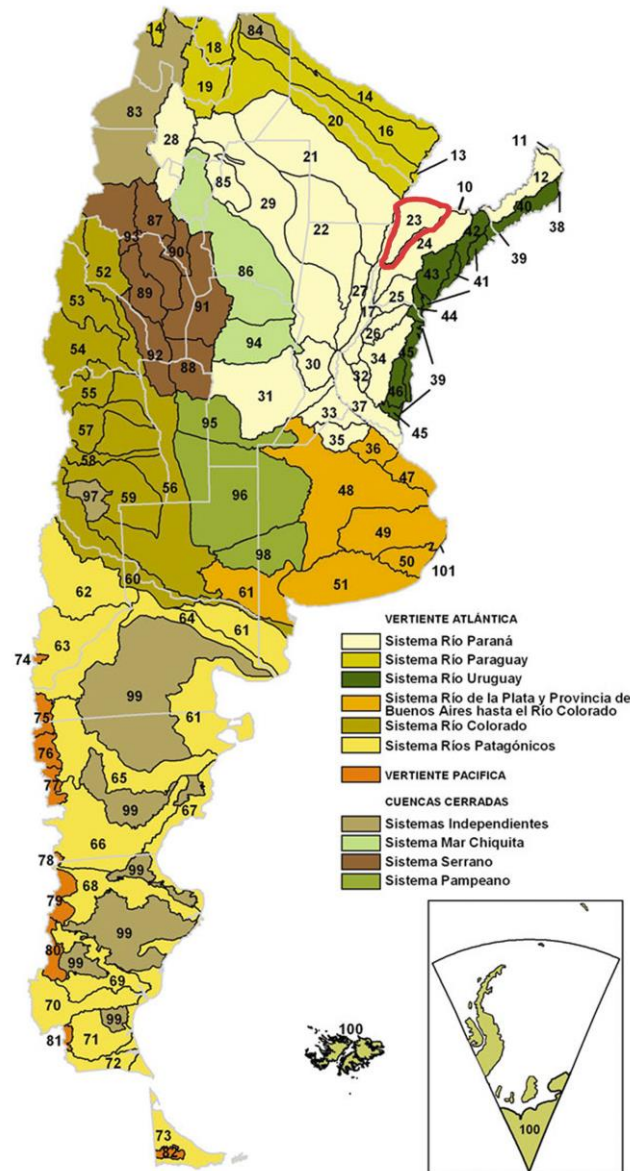
En cuanto a las precipitaciones, las anuales rondan entre los 1400 y 1900 milímetros distribuidos en aproximadamente 97 días, con valores acumulados máximos en los meses abril y noviembre, y mínimos en diciembre y julio. Además, la humedad relativa promedio anual es del 76%, siendo los meses más húmedos mayo y junio y los más secos diciembre y enero.

**Tabla 1.1** Parámetros climáticos promedio de Corrientes (1961-1990) (fuente: Oficina de Riesgo Agropecuario y Servicio Meteorológico Nacional).

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	40,9	40,7	39,6	37,2	34,1	31,7	33	36,4	40,9	41	42,4	41,1	42,4
Temp. máx. media (°C)	33	31,9	30,1	26,6	23,9	20,9	21,6	22,6	24,5	27,6	29,6	32,1	27
Temp. media (°C)	26,8	25,9	24,3	21	18,3	15,5	15,6	16,5	18,4	21,4	23,6	25,9	21,1
Temp. mín. media (°C)	21	20,6	19,2	16,2	13,5	10,8	10,7	11,1	12	15,4	17,8	19,7	15,7
Temp. mín. Abs. (°C)	12,4	11	7,6	3,9	-0,4	-2,8	-2	-1,2	0,5	2,8	7,2	8,3	-2,8
Precipitación total (mm)	176,4	147,1	163,6	174,2	98	62	50,1	56,5	74,8	120,7	1145	121,2	1390,1
Días de prec. (≥0.1mm)	9	9	9	9	7	7	7	7	7	9	9	8	97
Horas de sol	279	243,6	232,5	204	201,5	171	186	192,2	195	244,9	261	291,4	2702,1
Humedad relativa (%)	70	74	77	79	80	80	78	74	72	70	70	68	74

## Caracterización hidrológica

La ciudad costera al río Paraná encuentra en este a su mayor recurso hidrológico y se localiza dentro de la cuenca del río Santa Lucía, perteneciente al sistema del río Paraná (figura 1.6).



*Figura 1.6* Sistemas hidrológicos de la República Argentina (fuente: Instituto Correntino del Agua y del Ambiente (ICAA)). Sin escala.

Además, se vuelve a dividir a la ciudad en subcuencas urbanas denominadas:

- Cuenca del arroyo Salamanca
- Cuenca del arroyo Poncho Verde
- Cuenca de Laguna Seca
- Cuenca del arroyo Limita

El barrio Ex-Aeroclub se encuentra dentro de la cuenca del arroyo Limita (figura 1.7) que abarca aproximadamente una superficie de 770 hectáreas y descarga en el arroyo homónimo que se encuentra entubado hasta su desembocadura en el río Paraná.



Figura 1.7 Mapa de cuencas urbanas (Fuente: Municipalidad de la Ciudad de Corrientes). Sin escala.

### Topografía

La ciudad de Corrientes se encuentra dentro de la Llanura Mesopotámica, específicamente en una región denominada Albardón y planicie del Paraná, caracterizada por pequeñas lomadas u ondulaciones en todo el terreno.

La altitud de la ciudad varía entre 47 msnm en la zona costera al río Paraná y 64 msnm en su punto más alto, resultando un promedio de aproximadamente 56 msnm (Figura 1.8) mientras que a la zona de implantación del proyecto le corresponde una altitud de 60msnm (Figura 1.9).

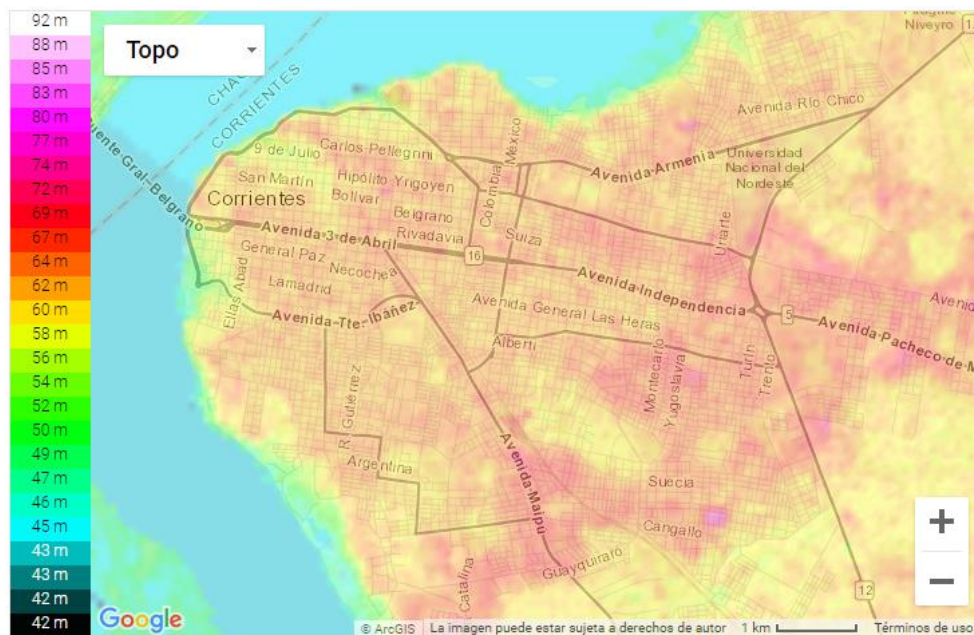


Figura 1.8 Mapa topográfico de la ciudad de Corrientes (fuente: <http://es-ec.topographic-map.com/places/Corrientes-312826/>). Sin escala.



Figura 1.9 Mapa topográfico del lugar del proyecto (Fuente: <http://es-ec.topographic-map.com/places/Corrientes-312826/>). Sin escala.

### 1.3 Crecimiento poblacional

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) la población argentina registra un incremento del 10,6% entre los censos del 2001 y 2010.

En el 2010 se registraron 992.595 habitantes en la provincia de Corrientes, 358.223 de los mismos (186.762 mujeres y 171.461 varones) le corresponden al departamento capital, lo que representa un incremento del 25,2% frente al censo del año 1991 y el 8,93% al anterior del año 2001 (figura 1.10).

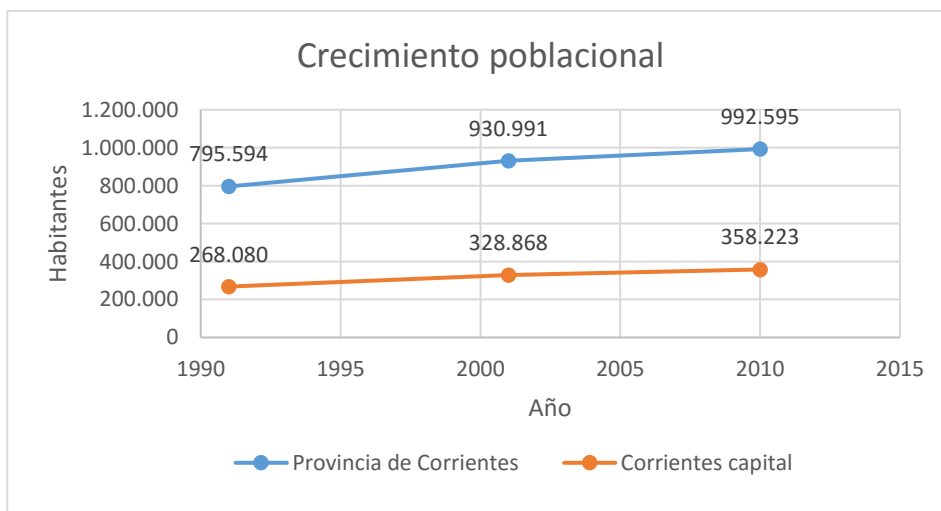


Figura 1.10 Gráfica de evolución demográfica de Corrientes entre 1991 y 2010 (Fuente: Censos Nacionales del INDEC).

Este crecimiento poblacional conlleva a la construcción de unidades habitacionales con el fin de cubrir la necesidad de vivienda generada.

## 1.4 Posibles soluciones: Sistemas constructivos

Se entiende por sistema constructivo al conjunto de materiales y elementos que en combinación y, siguiendo ciertas reglas tecnológicas, forman una organización funcional cuyo fin puede ser de estructura, cerramiento, decoración o acondicionamiento de una obra.

Para caracterizar un sistema constructivo entonces se tienen que tener en cuenta tres aspectos fundamentales: materiales, herramientas y mano de obra.

### Uso del sistema constructivo para viviendas de interés social en Argentina

Desde las primeras décadas del siglo XX, el Estado Argentino asume la problemática de la vivienda de interés social como consecuencia del proceso de urbanización por la inmigración al país de población europea y de países limítrofes. Desde ese entonces ya se optó por la construcción mediante mampuestos y estructuras de hormigón, sistema constructivo dominante en el país en dicha época por ser considerados materiales básicos y adecuados para el fin que debían cumplir.

Durante el siglo XX las viviendas sociales pasaron por distintas configuraciones, desde viviendas individuales a edificios de vivienda tipo monoblock pero se mantuvo el sistema constructivo utilizado.

Actualmente los planes de vivienda sociales en el país siguen teniendo a la construcción húmeda como método de construcción predominante pero adicionando al tradicional ladrillo común materiales como bloques cerámicos portantes, bloques de hormigón, bloques de cemento celular curados y la combinación de ladrillo común con placas de yeso, entre otros. Todas estas incorporaciones buscan lograr una construcción sencilla, fundamentalmente durable y versátil, que genere un hábitat saludable y económico con bajo mantenimiento.

#### 1.4.1 Construcción húmeda o tradicional

##### Descripción

La construcción húmeda debe su nombre a la utilización del agua en las distintas mezclas que componen la obra. Se la define entonces como sistema constructivo formado por una estructura de paredes portantes, constituidas por mampuestos de diferentes materiales relacionados entre sí mediante morteros y elementos rigidizantes de hormigón armado.

El sistema utiliza comúnmente materiales como el hormigón como soporte estructural o bien, paredes portantes de ladrillos, bloques o piedras, materiales que también cumplen el rol de cerramientos. Además morteros de distintos tipos sirven de revocos cumpliendo distintas funciones.

La obra húmeda es el sistema de construcción más usado en Argentina y el más antiguo, lo que resulta en ser denominada como construcción tradicional. Su éxito está basado en la solidez, la nobleza, durabilidad y en los buenos resultados obtenidos a lo largo de los años.

Esta metodología de construcción recurre a equipos simples, es decir, herramientas de mano manipulables por obreros sin la necesidad de acudir a mano de obra altamente calificada. Es por esto que los trabajos se miden en hora/hombre, a lo que se suma el tiempo de secado de las mezclas.

La construcción tradicional puede señalarse como a “marcha y contramarcha” pues se construye una pared para después romperla y colocar los caños de las distintas instalaciones.

#### 1.4.2 Construcción en seco: Steel framing

##### Descripción

La construcción en seco es una metodología que utiliza piezas elaboradas en fábrica siguiendo un sistema de medidas estandarizado que posteriormente son transportadas al sitio de obra en donde se ensamblan unas con otras.

Dentro de las diferentes alternativas de este tipo de construcción sobresale en la Argentina un método que consta de una estructura de perfiles de chapa de acero de bajo espesor junto a una cantidad de componentes, funcionando todo como un conjunto resistente. El steel framing, nombre por el cual se lo conoce, se destaca por que todos los materiales componentes están normalizados como ser los perfiles metálicos, placas de yeso, placas cementicias y aislaciones.

Etimológicamente el término “frame” significa bastidor en inglés y “framing” es el proceso por el cual se unen y vinculan los componentes de dicho bastidor o esqueleto estructural el cual está diseñado para soportar las cargas de un edificio. Esta estructura acepta diferentes tipos de cerramientos según las terminaciones interiores y exteriores que se desea obtener.

La separación de los perfiles estructurales de acero es de 40 o 60 centímetros obedeciendo a las medidas estándares de los paneles de cerramiento que usualmente son de 1,20m de alto por 2,40m de largo.

El sistema de construcción con estructura de perfiles conformados en frío de chapa cincada amerita mano de obra especializada y una mayor exactitud a la hora de estudio de la cantidad de material a usar repercutiendo así en un mayor tiempo de proyecto. Sin embargo esto permite también la reducción de desperdicio de material.

Una de las mayores ventajas que dispone esta metodología es la flexibilidad de diseño que posee, pudiendo realizar cualquier proyecto sin importar la complejidad del mismo permitiendo posibilidad de ampliación sin dificultades. Otra ventaja es la durabilidad de las obras asegurada por los perfiles metálicos.

##### Antecedentes de steel framing en Argentina

Si bien se conocen antecedentes de construcciones realizadas en Steel Framing en la década del 80, su uso para la ejecución de viviendas unifamiliares en Argentina comenzó a desarrollarse en mayor escala a partir del año 1994. En ese momento se comenzaron a ver las primeras obras, aparecieron los primeros panelizadores-construtores y se empieza a cuestionar el hecho de la inexistencia de normativas y antes que regulen dicho método constructivo.

Es por ello que se crea el Instituto de Construcción en Seco Argentino (INCOSE) integrado por empresas líderes del sector de la construcción en seco cuya principal función sería la de capacitar, asesorar, y promover las ventajas de los sistemas de construcción en seco.

Por otro lado, el Instituto Argentino de Siderurgia (IAS) decidió convocar a la industria siderúrgica, a los fabricantes de perfiles de acero galvanizado y a los primeros constructores de

Steel Framing a desarrollar una norma de perfiles de acero galvanizado para uso en estructuras de edificios. Es así que surge en 1995 la Norma IRAM IAS U 500-205 que contempla las características mecánicas que debe cumplir el acero galvanizado para los perfiles además de las medidas de los mismos.

Luego, en 1998 se construye en San Nicolás, Buenos Aires el primer barrio construido con Steel framing. Se trataba de un conjunto de 146 viviendas diferenciándose tres tipologías según tamaños y necesidades: dos más pequeñas resueltas en planta baja y una de mayor superficie de dos plantas. Representó un hecho importante para el sistema constructivo con perfilería metálica en Argentina, pues agregó 11.500m<sup>2</sup> a los aproximadamente 140.000m<sup>2</sup> existentes hasta ese entonces.

Actualmente, es notable el aumento de la cantidad de empresas que se dedican a la construcción con Steel Framing en Argentina y es el INCOSE el instituto que se encarga de dictar cursos especializados en el tema.

### **Elección del sistema constructivo en seco**

Mediante la Resolución 5-E-2018 de la Secretaría de Vivienda y Hábitat, dependiente del Ministerio del Interior, publicada el 2 de febrero en el Boletín Oficial, se declara como “tradicional” a las obras con construcción en seco del tipo steel framing. Esto significa que los que utilicen dicho método constructivo ya no deberán tramitar un Certificado de Aptitud Técnica (CAT), simplemente se deberán cumplir los mismos requisitos que los exigidos para una obra húmeda.

La incorporación de esta metodología como construcción tradicional fue la impulsora para realizar la comparación de la construcción húmeda con el Sistema de Construcción con Estructura de Perfiles Conformados en Frío de Chapa Cincada.

## **1.5 Fundamentos de la comparación**

Mediante el análisis de:

- La rapidez de ejecución
- Costos
- Disponibilidad de materiales y mano de obra
- Instalaciones
- Confort higrotérmico
- Mantenimiento y sustentabilidad
- Posibilidad de ampliación
- Superficie útil

Se realizará el estudio de los diferentes métodos constructivos con el fin de determinar cuál de ellos se destaca en cada punto de comparación.

Además, la realización del anteproyecto permitirá verificar la aplicabilidad del sistema constructivo Steel Framing siguiendo la normativa “Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social” la cual fue actualizada en el año 2017.



## Calles

El Código ya mencionado indica en primera medida que se debe mantener la continuidad de la red vial ya existente o proyectada, y que se debe priorizar que los empalmes de éstas sean en ángulo recto. También, establece una división de las vías según el ancho de su faja de emplazamiento en:

- Red primaria: Mínimo de 50 m
- Red secundaria: Mínimo de 25 m
- Red terciaria: Mínimo de 20 m
- Red interna: Mínimo de 15 m

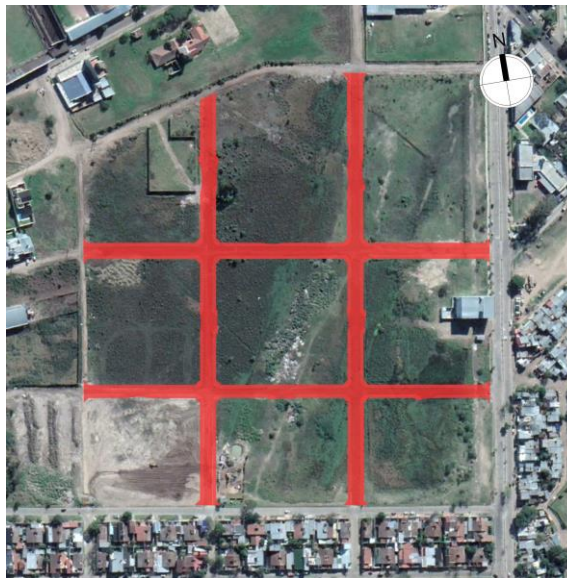
## Espacios verdes

Según lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) se recomiendan entre 10 y 15 m<sup>2</sup> de espacios verdes por cada habitante.

Además, la normativa de Estándares Mínimos para Viviendas Sociales en su revisión 2017 nombra como beneficios de la forestación y vegetación a la protección contra vientos, ruidos y erosión, además de la generación de sombras. Por otro lado, establece que preferentemente se debe contar con arbolado autóctono.

### 2.2 Definición del barrio de viviendas

Una vez analizadas las restricciones impuestas por las distintas normativas lo primero que se realiza es la extensión de las vías circulatorias ya existentes para garantizar su continuidad (figura 2.2).



*Figura 2.2 Extensión de las vías circulatorias exteriores al barrio de viviendas. (fuente: Google Earth). Sin escala.*

Posterior a esto, se generan nuevas manzanas, teniendo como base a una rectangular de 100 m x 50 m, lo que deriva en la creación de nuevas vías de circulación interiores dentro del barrio.

Ya habiendo hecho esto, se definen las superficies para espacios verdes en función a las recomendadas por la OMS. Teniendo eso en cuenta y considerando que el barrio de viviendas

cuenta con 260 parcelas individuales, cada una diseñada para 4 personas, se tendría un total aproximado de 1.040 personas.

$$\text{Superficie de espacios verdes mínima} = 1.040 \text{ personas} * 10 \text{ m}^2 = 10.400 \text{ m}^2$$

$$\text{Superficie de espacios verdes recomendada} = 1.040 \text{ personas} * 15 \text{ m}^2 = 15.600 \text{ m}^2$$

$$\text{Superficie adoptada para espacios verdes} = 16.550 \text{ m}^2$$

$$\text{Superficie de espacios verdes por habitante adoptada} = 15,91 \text{ m}^2$$

Se puede ver que la superficie adoptada para espacios verdes es mayor a la recomendada por la OMS, otorgándoles a los habitantes del barrio un mayor confort y calidad de vida.



**Figura 2.3** Loteo del barrio de viviendas. (Fuente: Google Earth). Sin escala.

Ya teniendo definidas las manzanas y tomando como base las dimensiones mínimas establecidas se adopta como lote tipo uno con un frente de 12,5 m y un fondo de 25 m, dando una superficie del terreno de 312,5 m<sup>2</sup>. A su vez, se crean en el barrio otras parcelas, todas con un fondo de 25 m, siendo:

- Lote 1: 12,5 m x 25 m = 312,5 m<sup>2</sup> (Lote tipo)
- Lote 2: 12 m x 25 m = 300 m<sup>2</sup>
- Lote 3: 13,2 m x 25 m = 330 m<sup>2</sup>

- Lote 4: 13,3 m x 25 m = 332,5 m<sup>2</sup>
- Lote 5: 14,3 m x 25 m = 357,5 m<sup>2</sup>

Por otro lado, se utilizan en el proyecto vías circulatorias pertenecientes a la red interna con un ancho de faja de emplazamiento de 15 m, y una con un ancho de 25 m que forma parte de la red secundaria. El loteo del barrio de viviendas se encuentra adjunto en el anexo de planos.



Figura 2.3 Barrio de viviendas en detalle. (Fuente: Elaboración propia con base de Google Earth). Sin escala.

### 2.3 Recomendaciones en cuanto al impacto ambiental

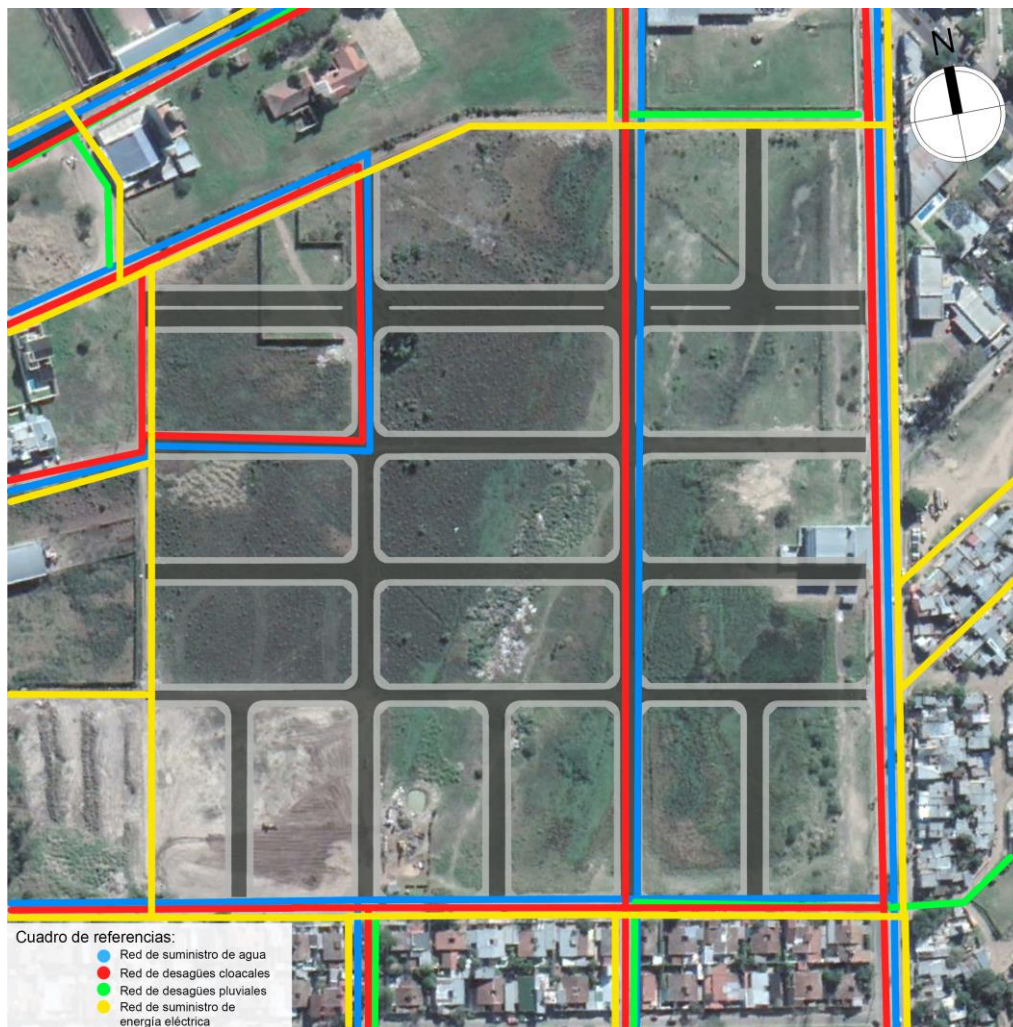
Con el objetivo de perseguir la reducción del impacto ambiental negativo generado por la construcción del proyecto se establecen ciertas recomendaciones en el diseño del barrio de viviendas:

- Forestación en los espacios verdes para disminuir la erosión en el terreno y la polución auditiva, además de generar sombras y una protección visual para el barrio de viviendas.
- Buscar que el arbolado sea autóctono, como por ejemplo jacarandás y lapachos, ya que estos generan gran sombra y confort visual.

- Generar espacios verdes dentro de las veredas del barrio, lo que se encuentra permitido por el Código de Planeamiento Urbano de la ciudad de Corrientes ya que su ancho es mayor a 3 m.
- Establecer espacios verdes dentro de los parterres y buscar su forestación para generar mayor sombra.
- Dar la posibilidad de la generación de una huerta en el patio trasero de las viviendas persiguiendo el objetivo de mejorar el medio ambiente por medio del reciclado de desechos, protección del suelo contra la erosión y protección de la biodiversidad local.

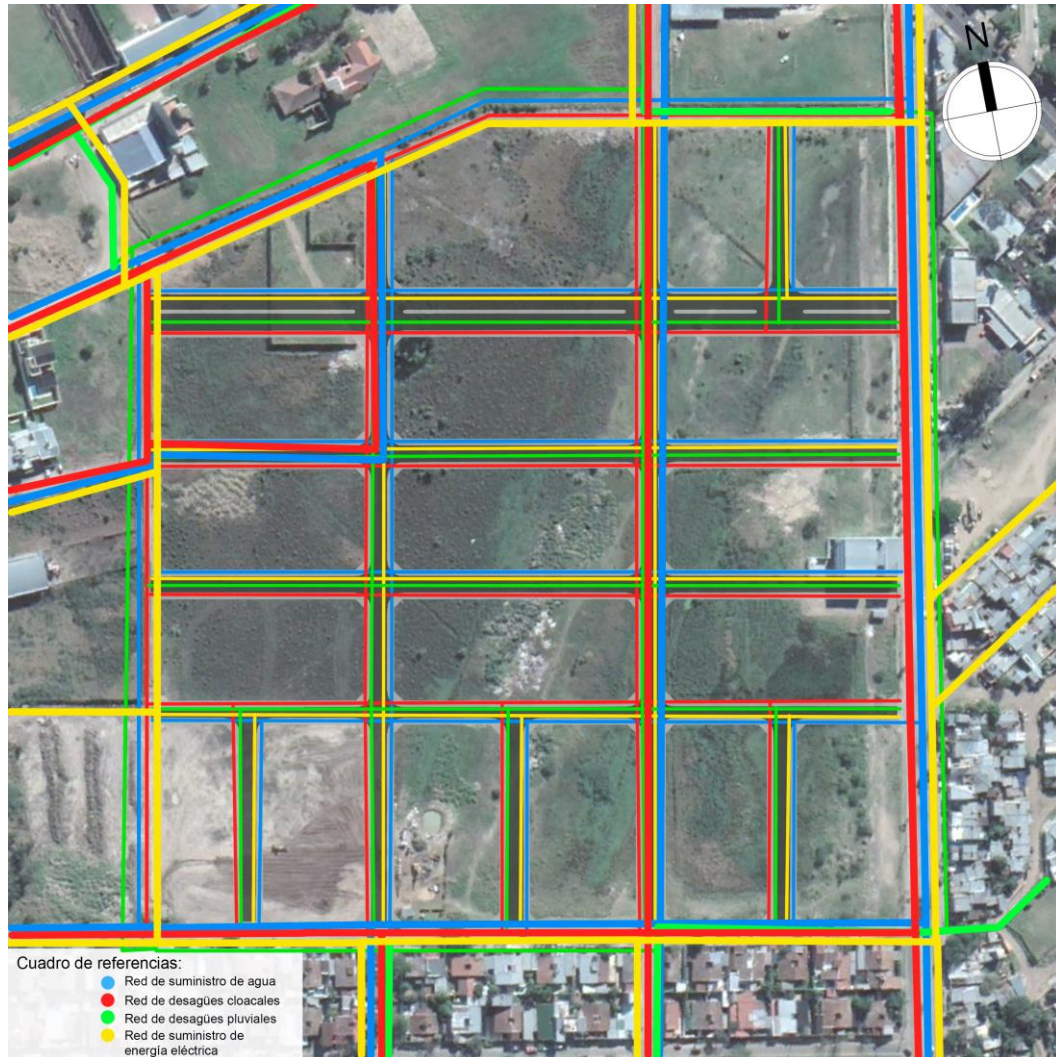
## 2.4 Extensión de servicios existentes

Al estar el terreno en un área residencial éste cuenta en su periferia con todos los servicios necesarios como ser desagües cloacales, pluviales, suministro de agua potable y electricidad (figuras 2.4).



**Figura 2.4** Servicios existentes. (Fuentes: Google Earth y Municipalidad de la ciudad de Corrientes). Sin escala.

Es por este motivo que se optó por la extensión de estos servicios hacia el barrio proyectado como una solución a su falta (figura 2.5).



*Figura 2.5 Servicios nuevos dentro del barrio de viviendas. (Fuente: Elaboración propia con base de Google Earth). Sin escala.*

## 2.5 Orientaciones de los lotes

El diseño del barrio de viviendas genera que los diferentes lotes estén dispuestos en distintas orientaciones, siendo las mismas:

- Frente al norte
- Frente al sur
- Frente al oeste
- Frente al este

Esto ocasiona que se deba estudiar a la vivienda en todas las orientaciones posibles ante la exposición al viento y la radiación solar, y analizar como ésta influiría en las soluciones constructivas elegidas.

Como se pudo observar en la Figura 2.3 no todas las manzanas tienen frentes de viviendas en sus cuatro caras. Esto se debe a que las manzanas cuyo eje mayor está en dirección O-E tienen viviendas con dormitorios orientados al este y oeste lo cual no es lo recomendado por ciertas normativas, como se verá en el capítulo del diseño de la vivienda. Es por ello que se decide

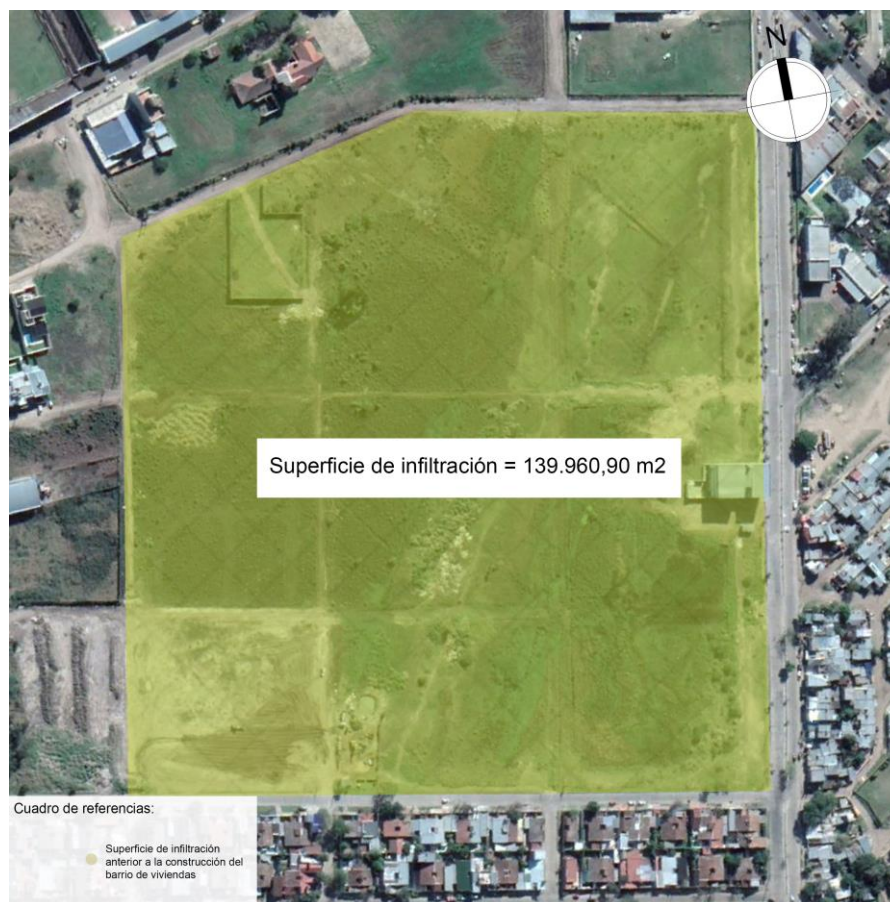
reducir la cantidad de viviendas en dichas condiciones y rotarlas para aprovechar las orientaciones convenientes.

## 2.6 Consecuencias de la construcción del barrio de viviendas

### Reducción de la superficie de infiltración

Hidrológicamente al no estar impermeabilizada, todo el área ocupada por el barrio de viviendas forma una gran superficie de infiltración, lo que da como resultado una retención mayor de las precipitaciones previo a la formación de escurrimiento directo. Sin embargo, al construirse el barrio de viviendas se cambia esta situación dando como resultado una menor infiltración.

**Superficie actual de infiltración: 139.960,90 m<sup>2</sup> (figura 2.5)**



*Figura 2.5 Superficie de infiltración previa a la construcción del barrio de viviendas. (Fuente: Google Earth). Sin escala.*

Posterior a la construcción del barrio de viviendas esta superficie disminuye por la edificación de las viviendas y de las vías circulatorias. Para realizar el cálculo de la superficie de infiltración se tomaron en cuenta las áreas de espacios verdes y las no construidas por cada lote, teniendo en cuenta que la superficie impermeabilizada por parcela es de 121,74 m<sup>2</sup>.

Superficie de infiltración por lotes tipo:  $(325 \text{ m}^2 - 121,74 \text{ m}^2) * 80 = 16.260,8 \text{ m}^2$

Superficie de infiltración por lotes 2:  $(300 \text{ m}^2 - 121,74 \text{ m}^2) * 60 = 10.695,6 \text{ m}^2$

Superficie de infiltración por lotes 3:  $(330 \text{ m}^2 - 121,74 \text{ m}^2) * 48 = 9.996,48 \text{ m}^2$

Superficie de infiltración por lotes 4:  $(332,5 \text{ m}^2 - 121,74 \text{ m}^2) * 24 = 5.058,24 \text{ m}^2$

Superficie de infiltración por lotes 5:  $(357,5 \text{ m}^2 - 121,74 \text{ m}^2) * 48 = 11.316,48 \text{ m}^2$

Superficie de espacios verdes:  $16.550 \text{ m}^2$

**Superficie total de infiltración posterior a la construcción del barrio:  $69.877,60 \text{ m}^2$**



*Figura 2.6 Superficie de infiltración posterior a la construcción del barrio de viviendas. (Fuente: Elaboración propia con base de Google Earth). Sin escala.*

**Diferencia en las superficies de infiltración:  $139.960,90 \text{ m}^2 - 69.877,60 \text{ m}^2 = 70.083,3 \text{ m}^2$**

Sin embargo, aunque se haya reducido la superficie de infiltración al realizar el proyecto, también se extendieron los desagües pluviales en el barrio de viviendas logrando en cierta medida solventar cualquier problema hidrológico que tenga el barrio, al mismo tiempo que generando espacios habitacionales para personas que lo necesiten.

### 3. DISEÑO DE LA VIVIENDA TIPO

#### 3.1 Viviendas de uso social en Corrientes

Actualmente el Instituto de Vivienda de Corrientes (IN.VI.CO.) es el organismo encargado de satisfacer las necesidades de hábitat y calidad de vida de todos los ciudadanos construyendo espacios adecuados para su desarrollo. Para ello promueve numerosos programas de vivienda sociales entre los que se destacan:

- Programa de Demanda Libre
- Programa de Vivienda en Lote Propio
- Asistencia a asentamientos informales a través de programas de Esfuerzo Propio y Ayuda Mutua (EPAM)

La principal diferencia entre ellos es si el beneficiado posee o no terreno destinado para la vivienda y si ésta ya está o no empezada.

Por su parte, el programa de Demanda Libre está constituido por conjuntos de viviendas con infraestructura diseñadas por profesionales del instituto. Las mismas son de dos dormitorios con posibilidad de ampliación a un tercero construidas con materiales de calidad existentes en el mercado local (ladrillos cerámicos, chapa galvanizada, piso cerámicos de alto tránsito, etc.). El diseño de las unidades habitacionales sigue un Prototipo Federal (Figuras 3.1 y 3.2).



Figura 3.1 Planta general Prototipo Federal. (Fuente: INVICO). Sin escala.



*Figura 3.2* Planta de techos Prototipo Federal. (Fuente: [www.invico.gov.ar](http://www.invico.gov.ar)). Sin escala.

Recientemente se ha concluido un plan de 678 viviendas en el Barrio Santa Catalina y 200 viviendas en el barrio Ponce (Figura 3.3) de la ciudad capitalina ejecutadas en el marco del Programa Crédito Argentino del Bicentenario para la Vivienda Única Familiar (PROCREAR). Las mismas consisten en su mayoría en viviendas unifamiliares de dos dormitorios de 64 a 72 m<sup>2</sup> de superficie.



*Figura 3.2* Vivienda unifamiliar Barrio Santa Catalina, Corrientes Capital. (Fuente: Diario La República). Sin escala.

### 3.2 Normativa vigente

Luego de definir los lotes en los que se hallan las viviendas se procede al diseño de las mismas. Para ello se analizará en primera instancia las exigencias que éstas deban cumplir.

Hallándose emplazado el anteproyecto en la ciudad de Corrientes, el diseño de las viviendas estará regido por el Código de Edificación de dicha localidad. En la sección 4 del mismo se establecen las pautas a tener en cuenta en el proyecto de las obras en general.

Entre ellas se destacan disposiciones referentes a:

- Fachada: la misma deberá concordar con los principios fundamentales de la estética arquitectónica.
- Dimensiones de los locales: se establece que la altura mínima de locales cuya superficie es menor a 50m<sup>2</sup> es de 2,70m mientras que la de locales como baños es de 2,50m. Asimismo se reglamentan los lados y las superficies mínimas de cada local siendo la de locales habitables:

LOCALES HABITABLES	Lado Mínimo (m.)	Área Mínima (m <sup>2</sup> )
a) Cuando una Unidad Locativa posea un solo local:	3,00	20,00
b) Cuando la Unidad Locativa posea varios locales, por lo menos uno tendrá:	2,50	12,00
Los demás tendrán:	2,00	6,00
c) En edificios de escritorio los locales individuales tendrán:	3,00	12,00
Las unidades locativas de 2 o más locales tendrán c/u:	2,50	9,00
d) Habitaciones individuales en viviendas colectivas del tipo transitorio salas individuales en edificios de sanidad	2,50	9,00

La cocina tendrá un lado mínimo de 1,50m y una superficie mínima de 3m<sup>2</sup> mientras que un baño completo con bañera tendrá una superficie mínima de 3,20m<sup>2</sup> y un lado mínimo de 0,90m.

- Iluminación y ventilación: se establece que todos los locales de primera clase deberán ventilar a un patio de primera categoría y recibir luz del día. El área mínima de los vanos para iluminación (i) será del 10% del área libre de la planta del local y para ventilación (k) dicha área será un tercio de i. La cocina deberá respetar “i”  $\geq$  0,50 m<sup>2</sup> y “k”  $\geq$  0,6 “i” mientras que el local de baño tendrá que contar con “k”  $\geq$  0,40 m<sup>2</sup>.

Por otro lado, el **Código de Planeamiento Urbano de la ciudad de Corrientes** limita algunas de las disposiciones del Código de Edificación según la zona a la cual pertenece el predio elegido, ya mencionado en el capítulo anterior.

En el siguiente párrafo se cita lo establecido en el código mencionado en el que se especifican valores de factor de ocupación del suelo (FOS) y factor de ocupación total (FOT), retiro obligatorio y el tipo de edificación admisible en el distrito residencial R3, factores a tener en cuenta a la hora del diseño de la vivienda.

#### **“5.1.3 Distrito R3**

a) Carácter: residencial predominante de densidad baja.

b) Delimitación: Según plano N°3 – Zonificación -.

c) Subdivisión: Según Normas Generales del Título 2. Parcela: superficie mínima =300 m<sup>2</sup> Frente mínimo = 12 metros

d) Tipología Edilicia: Se permiten edificios entre medianeras, de perímetro libre y semi-perímetro libre de altura limitada.

Disposiciones Particulares:

Tejido: Cumplirá con las disposiciones del Título 6 de acuerdo a:

$$R = h/d = 1$$

Altura máxima = 7 metros

En el caso de techos con pendientes, esta altura se tomará hasta el nivel inferior de los elementos de la estructura resistente y una sola vivienda por predio o por cada 300 m<sup>2</sup> de superficie de parcela.

F.O.T. máximo =0.6

F.O.S. máximo =el resultante de aplicar las Normas del tejido, salvo lo dispuesto en las Planillas N°3 y N°4.” (**Código de Planeamiento Urbano de la ciudad de Corrientes, 1988 actualizado al 2013 p.38**)

Además, como el anteproyecto se trata de un barrio de viviendas de interés social, el diseño de las mismas deberá cumplir con lo dispuesto en la normativa “**Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social**” desarrollada por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Nación. En la misma también se establecen criterios en relación al diseño de la vivienda.

En primera instancia establece flexibilidad de la misma recomendando la racionalidad en cuanto a forma y proporción de los ambientes además de distintas posibilidades de acomodar el mobiliario.

Además exige posibilidad de ampliación en caso de viviendas unifamiliares con la menor demolición posible con el detalle que avale tal crecimiento.

Por otro lado, se recomienda un espacio de cultivo y otro para estacionamiento de un automóvil.

También se exige la seguridad estructural de las mismas por medio de la utilización de reglamentos específicos en función del material a utilizar solicitando prestar especial cuidado al cálculo de fundaciones.

En cuanto a requisitos de habilitación, la normativa prevee ciertas exigencias en cuanto a la ventilación, iluminación, asoleamiento y acondicionamiento higrotérmico debiéndose

contemplar un coeficiente de transmitancia térmica en cerramientos correspondiente al nivel B establecido en la Norma IRAM 11.601.

La normativa mencionada realza la importancia de tener en cuenta la zona bioclimática en la que se encuentra la vivienda a la hora de diseñar siguiendo las recomendaciones de la norma IRAM 11.603 en la cual se recomienda para la zona I:

- Colores claros y materiales de baja emitancia en paredes exteriores y techos.
- Especial cuidado en la selección de la aislación térmica de muros y cubiertas orientadas al este y al oeste.
- Crear ventilación cruzada.
- Crear espacios semicubiertos, galerías y aleros.

### 3.3 Diseño elegido

Visto y considerando las reglamentaciones a tener en cuenta en el proyecto por su ubicación tanto en la zona bioclimática que ocupa como en el distrito residencial dentro de la ciudad de Corrientes, se plantea un modelo tipo que se repite en cada uno de los terrenos.

#### Superficie edificada

Se parte de obtener la superficie cubierta total edificable a partir del FOT. Considerando el lote 2, correspondiente con el de menor tamaño se calculó:

$$\text{Superficie cubierta total edificable} = 0,6 \times 300\text{m}^2 = 180\text{m}^2$$

Asimismo, el Factor de Ocupación del Suelo (F.O.S.) máximo de la parcela siguiendo las normas del tejido es de 0,65, el cual permite establecer la superficie de la parcela factible de ser ocupada con respecto a la superficie total de la parcela (considerando nuevamente el lote de menor tamaño).

$$\text{Superficie de la parcela factible de ser ocupada} = 0,65 \times 300\text{m}^2 = 195 \text{ m}^2$$

Para determinar las medidas de la vivienda tipo se tuvo en cuenta en principio que la misma está destinada a una familia de cuatro integrantes, considerando que la misma es de interés social. Siendo esto así se define los locales que dichos ocupantes necesitarán concluyendo en:

- 1 estar comedor
- 1 cocina
- 1 baño completo con bañera
- 2 dormitorios
- 1 lavadero semicubierto
- 1 espacio para estacionamiento

En la Figura 3.4 puede observarse la distribución de los locales en la vivienda. Además, se anexan las plantas técnicas en el apartado de planos del anexo.

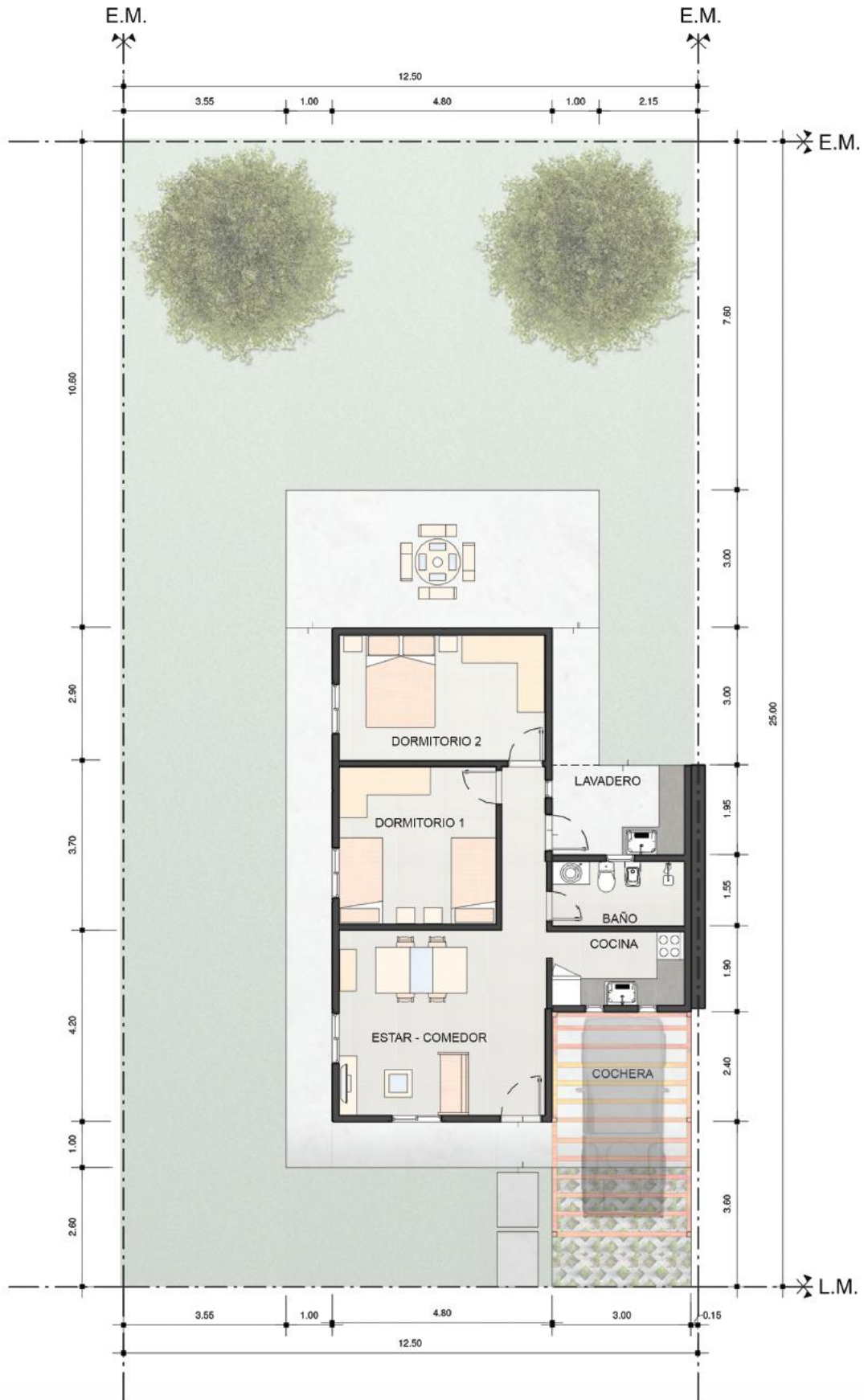


Figura 3.3 Planta vivienda tipo. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.

Siguiendo las medidas mínimas que establece el Código de Edificación de la ciudad de Corrientes mencionadas anteriormente se detallan las medidas y superficies adoptadas. Asimismo se especifican las áreas necesarias y proyectadas de iluminación y ventilación (Tabla 3.1).

*Tabla 3.1 Planilla de iluminación y ventilación. (Fuente: Elaboración propia).*

Planilla de iluminación y ventilación de la vivienda tipo						
Local	Lados	Superficie	Iluminación (m <sup>2</sup> )		Ventilación (m <sup>2</sup> )	
	m	m <sup>2</sup>	Requerida	Proyectada	Requerida	Proyectada
Estar-Comedor	4,60 x 4,10	18,86	1,88	2,88	0,63	1,44
Cocina	2,90 x 1,70	4,93	0,50	0,96	0,30	0,96
Baño	2,90 x 1,40	4,06	0,41	0,24(*)	0,40	0,24(**)
Dormitorio 1	3,50 x 3,50	12,25	1,23	1,44	0,41	1,44
Dormitorio 2	4,60 x 2,80	12,88	1,29	1,44	0,43	1,44
Lavadero	2,90 x 2,00	5,8	Espacio semicubierto			
(*)0,24m <sup>2</sup> naturalmente, se complementará con iluminación artificial						
(**)0,24m <sup>2</sup> ventilación directa, se complementará con ventilación indirecta						

Las medidas propuestas de los locales obedecen a la modulación que deben seguir los perfiles metálicos en el sistema constructivo steel framing, eligiendo separaciones de 60 centímetros. También acatan la idea de reducir desperdicio en cuanto a placas de cerramientos exteriores utilizadas en la misma metodología, las cuales vienen normalizadas de 1,20 m x 2,40 m. Por su parte, la construcción húmeda no posee restricciones en ese sentido.

Es así que la vivienda construida con ambos sistemas cubre una superficie total de 74,34 m<sup>2</sup> considerando el lavadero, la galería y un espacio de estacionamiento semicubiertos.

La superficie edificada de la parcela cumple tanto con el F.O.T. como con el F.O.S. mencionados con anterioridad. Además responde a la superficie que generalmente tienen las viviendas de índole social en el país.

### Orientaciones

Al estar tratándose de un barrio de viviendas con el mismo prototipo repetido, ciertas unidades estarán ubicadas en orientaciones no favorables para ciertos locales.

Como establece la norma IRAM 11.603, la ciudad de Corrientes Capital se encuentra en la zona bioclimática Ib, la cual corresponde a clima muy cálido y húmedo. Como se nombró previamente, las orientaciones que se deberían evitar son las del este y oeste. Si bien no es posible no orientar locales al oeste, siendo dicha orientación la más perjudicial en días cálidos de verano, se propone colocar una galería semicubierta de un metro de ancho como puede observarse en la Figura 3.4. Esta incorporación modifica la superficie total de la vivienda dando como resultado 79,74 m<sup>2</sup>. Además, las ventanas orientadas al oeste contarán con parasoles verticales que les servirá de protección contra los rayos del sol en el verano.



*Figura 3.4 Sistema de protección solar en orientaciones desfavorables. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.*

### Posibilidad de ampliación

La norma de Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social exige la posibilidad de ampliación de la vivienda. Es así que se prevé el espacio para un tercer dormitorio a continuación del segundo, transformando parte del dormitorio 2 en pasillo para conectarlo a la vivienda. A su vez, esto modificaría la superficie cubierta del prototipo dando un total de 85,86 m<sup>2</sup>.



*Figura 3.5 Plano vivienda con ampliación. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.*

Se plantea de esta manera la mayor versatilidad posible de modo de amoldarse a cualquier tipo de familia y sus posibles cambios a lo largo del tiempo.

### Espacios verdes

El retiro obligatorio de 3m de la línea de edificación que exige el Reglamento de Planeamiento Urbano de Corrientes de la línea municipal deriva en un patio delantero de la vivienda. Por otro lado, el retiro de fondo mínimo de 5m que tiene como objetivo generar el coloquialmente llamado “pulmón de manzana” crea un patio trasero que resulta de 127,5m<sup>2</sup>.

Estos dos patios estarán conectados por otro delimitado por el muro medianero de un lado y la vivienda del otro, estando ubicada esta última adosada al otro muro medianero. Esta disposición de la vivienda responde a la idea de lograr menor pérdida o ganancia de calor resultando en un semi-perímetro libre. A la vez, la estrategia de adosar la edificación a uno de los muros medianeros origina casas apareadas o en “espejo” con la vivienda contigua como puede apreciarse en las Figuras 3.7 Y 3.8



*Figura 3.6 Fachada de casas apareadas. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.*



*Figura 3.7 Planta de techo de casas apareadas. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.*

## Instalaciones

### Instalaciones sanitarias

Para el diseño de las instalaciones sanitarias se tuvo en cuenta el **Reglamento para instalaciones sanitarias domiciliarias** emitido por Obras Sanitarias de la Nación.

Teniendo en cuenta que se trata de una vivienda de interés social, se pretende el agrupamiento de los locales húmedos de la vivienda y cierta proximidad a la línea municipal buscando evitar largos tramos de cañerías.

- **Instalación cloacal**

Se desarrolla un sistema dinámico de desagüe cloacal considerando que se cuenta con obras de infraestructura con redes de cañerías exteriores a la vivienda denominadas colectoras en todo el barrio proyectado. Como se indicó en el capítulo anterior, dicho servicio, como también los restantes, son extensiones de los ya existentes en la zona.

En primera instancia se ubican los artefactos y se los diferencia en redes de cañerías primarias y secundarias en función de la peligrosidad que representan. Tanto las cañerías que conectan dichos artefactos como los elementos de unión de las mismas se plantean en materiales autorizados por el reglamento de OSN y por la norma de Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social.

Como el funcionamiento de todo el sistema de desagüe funciona por gravedad, se siguen cumplir con criterios sobre pendientes mínimas y máximas, de longitudes admisibles de cañerías y de las correspondientes ventilaciones.

- **Instalación pluvial**

Las dimensiones de los embudos y canaletas proyectados se corresponden con la máxima superficie a desaguar propuesta por la norma de Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social así como también los materiales elegidos.

- **Provisión de agua fría y caliente**

Se cuenta con provisión de agua potable brindada por el prestador de agua de la provincia Aguas de Corrientes.

Como parte de la instalación, se prevé un tanque de reserva para el almacenamiento de agua por vivienda. El tamaño del mismo es calculado en función de la Reserva Total Diaria (RTD). Esta última se puede estimar por cantidad de habitantes de la vivienda donde a una familia tipo de cuatro personas le corresponden  $RTD=1.000l$  o bien, también se la calcula por artefactos a surtir:

1 inodoro x 140 L/día	140 L/día
1 P.C. x 300 L/día	300 L/día
1 P.L. x 300 L/día	300 L/día
1 ducha x 120 L/día	120 L/día
1 bidet x 40 L/día	40 L/día
1 lavatorio x 100 L/día	100 L/día
RTD =	<u>1.000 L/día</u>

El tanque de reserva se dimensiona para que abastezca agua a toda la vivienda durante todo un día sin necesidad de aprovisionarse de nuevo, por lo tanto se adopta un TR de 1.000 litros por vivienda. El mismo se ubica sobre la parte más alta de la cubierta a 60cm del eje medianero por cuestiones reglamentarias y dejando 2m entre la parte más baja del tanque y la ducha del baño, siendo ésta el artefacto más alto.

Por otro lado se dispondrán dos llaves de paso por recinto húmedo, considerando como tal a la cocina, baño y lavadero. Además otra llave de paso a la entrada de la vivienda junto con una canilla de servicio con conexión directa de la red. También se ubicará otra canilla de servicio conectada directamente de la red en el patio.

Toda la cañería se proyecta de sección circular de PVC. Las bajadas desde el tanque de reserva serán dos: una para todos los artefactos mencionados en el cálculo de la RTD y otra para el calentador solar para la provisión de agua caliente. Este último se prevé que sea del tipo solar en reemplazo del tradicional termo tanque eléctrico que, según datos de la Dirección Provincial de Energía de Corrientes (DPEC) consume 15,3kWh por día considerándolo encendido 9 horas.

### **Instalación eléctrica**

Cada vivienda estará conectada al tendido eléctrico, servicio brindado por la DPEC. Las mismas dispondrán de un medidor ubicado en una casilla al frente de la vivienda contiguo al tablero general con su correspondiente puesta a tierra. Será conectado a través de caños subterráneos de material reglamentario al tablero secundario.

La instalación constará de tres circuitos: uno para tomacorrientes, otro para bocas de alumbrado y un tercero especial destinados a aires acondicionados dispuestos uno en el living y otro en el dormitorio de mayor superficie como puede verse en el plano de instalación eléctrica anexo con el resto de los planos de la vivienda.

### **Instalación de gas**

En ausencia de gas natural en la región se prevé una instalación de gas domiciliar por gas envasado.

Actualmente existe en la Argentina un plan llamado “Plan Hogar de Garrafas” que brinda el beneficio de una garrafa de 10kg de gas licuado, denominada garrafa social. Esta misma tiene además un precio de referencia a nivel nacional.

Es por dicha razón que en el diseño de la vivienda se destina un espacio en el lavadero para un nicho de dimensiones de la garrafa mencionada. De la misma saldrá la conexión de gas que alimentará el artefacto cocina ubicado en el recinto de nombre homónimo.

### Particularidades de steel framing

El sistema de perfilería está diseñado desde fábrica para el paso de las instalaciones por medio de perforaciones. Esto significa que las instalaciones quedan dentro del entramado metálico como puede observarse en la Figura 3.9



*Figura 3.8 Instalaciones en steel framing (Fuente: INCOSE). Sin escala.*

La rapidez para la colocación de las instalaciones representa una de las grandes ventajas del steel framing. Además, a la hora de reparación o cambios en caso de necesidad se podrá quitar el cerramiento interior sin tener que acudir a romper paredes para ello.

Todos los planos de instalaciones se adjuntan en el anexo del trabajo.

## 4. FUNDACIONES

### 4.1 Estudio del suelo

Para conocer la forma en la cual se va a anclar cualquier estructura al suelo es imprescindible conocer en profundidad a este último: tener definido el perfil estatigráfico del mismo, las características físico-mecánicas y la capacidad de carga que soporta el terreno en cuestión. Todas dichas características pueden obtenerse mediante ensayos de campo, entre los cuales se destaca el Ensayo de Penetración Estándar (SPT) por su simplicidad y disposición de equipamiento en todo el mundo.

El SPT es un ensayo in situ en el que se analiza el suelo en profundidad obteniendo la compacidad y la resistencia mecánica que ofrece en función del número de golpes que permite el paso al siguiente estrato, considerando estratos de espesor normalizado (Figura 4.1).

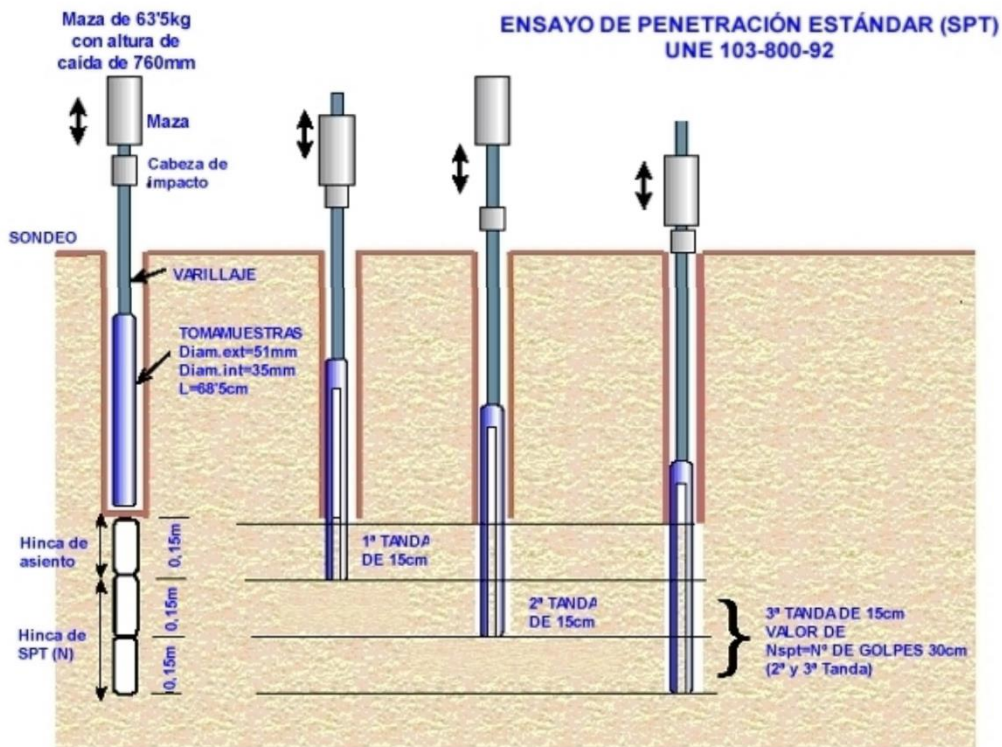


Figura 4.1 Procedimiento de Ensayo de Penetración Estándar. (Fuente: "Guía metodológica de introducción al comportamiento del suelo a la luz de la mecánica del suelo"). Sin Escala.

Para el estudio del suelo en el predio en el que se realiza el proyecto, por su gran extensión, se necesitarían numerosos sondeos en distintos lugares del mismo. La cantidad mínima de puntos de prospección aún no se encuentra reglamentada por ninguna norma. Sin embargo, el Reglamento argentino de estudios geotécnicos (CIRSOC 401), que todavía no se encuentra aprobado, establece en él dicho valor en función del tipo de construcción a ejecutar y del tipo de terreno a analizar. En el caso del predio consistente en un terreno llano en el cual se proyecta el barrio de viviendas unifamiliares correspondería hacer sondeos cada 30 o 40 metros de distancia, resultando un número de 90 en total.

No obstante, por simplicidad y por falta de las herramientas adecuadas para realizar dicho ensayo, se analiza un estudio de suelo ya existente.

El SPT más cercano a la zona analizada al cual se tuvo acceso se encuentra a seis cuadras de la misma (Figura 4.2) y fue realizado por una consultora privada. La hipótesis de utilizar ese mismo perfil estatigráfico puede tomarse como válida para el trabajo por la cercanía en la que se localiza y porque la ciudad de Corrientes presenta, en general, uniformidad en los suelos.



**Figura 4.2** Localización Ensayo de Penetración Estándar utilizado para el anteproyecto. (Fuente: Google Earth). Sin Escala.

El estudio de suelo disponible fue realizado en base a un sondeo de tres metros de profundidad en el centro del terreno ya mencionado, en el que se analiza la capacidad relativa cada 45 centímetros. La metodología empleada por la consultora obedece a lo establecido en las Normas ASTM D4586 T y Normas IRAM correspondientes, que utiliza la hincada de una muestra provista de una zapata de pared delgada como primer medida en el ensayo. Para proseguir con el ensayo normalizado de penetración estándar según lo establece el método de Terzaghi se respetan las dimensiones y pesos de los implementos mecánicos utilizados y el sistema operativo consecuente.

**Tabla 4.1** Resultados del ensayo SPT utilizado. (Fuente: Ensayo SPT de consultora privada).

Resultados SPT	
Profundidad (m)	SPT Nº
0,45	8
0,9	12
1,35	5
1,8	4
2,25	4
2,7	2

A partir del número de golpes, mediante correlaciones expresadas en la tabla 2.3 de la cuarta edición de “Principios de Ingeniería de Cimentaciones” del autor Braja M. Das (Figura 4.3), se puede afirmar que en el primer metro de profundidad se encuentra una arcilla de consistencia medio firme a firme, mientras que la arcilla subyacente tiene consistencia blanda.

▼ TABLA 2.3 Consistencia de arcillas y correlación aproximada con el número  $N$  de penetración estándar

Número de penetración estándar, $N$	Consistencia	Resistencia a compresión no confinada, $q_u$ (KN/m <sup>2</sup> )
0-2	Muy blanda	0-25
2-5	Blanda	25-50
5-10	Medio firme	50-100
10-20	Firme	100-200
20-30	Muy firme	200-400
>30	Dura	>400

Figura 4.3 Consistencia de arcillas. (Fuente: Principio de Ingeniería de Cimentaciones. Braja M. Das). Sin escala.

Mediante el análisis en laboratorio a partir de tres muestras obtenidas en el ensayo la consultora obtuvo los valores de límite plástico, límite líquido, porcentaje de suelo que pasa el tamiz #200, la clasificación SUCS y la clasificación H.R.B. de cada estrato del terreno resumidos en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Resultados de ensayos de laboratorio de las muestras utilizadas. (Fuente: Ensayo SPT de consultora privada).

Resultados de ensayos de laboratorio de las muestras							
Muestra N°	Profundidad	LL	LP	IP	Pasa tamiz #200	Clasificación SUCS	Clasificación H.R.B
1	0,1m-1,1m	45,2	16	29,4	64	CL	A-7-(16)
2	1,1m-2,6m	52,4	23,2	29,2	91,2	CH	A-7-6-(18)
3	2,6m-3m	26,3	13,4	12,9	29	SC	A-2-6-(0)

Asimismo, la estratigrafía del suelo puede representarse de la siguiente manera (Figura 4.4) donde puede observarse que el nivel freático se encuentra a dos metros y medio de profundidad, dato clave para la elección del tipo de fundación.

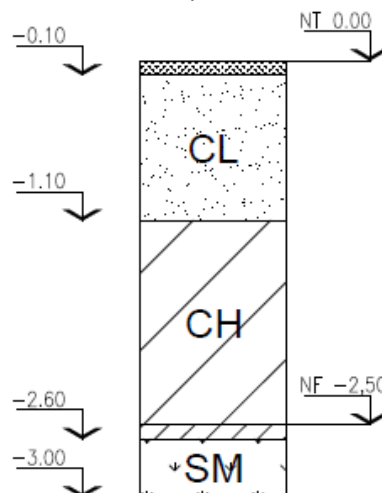


Figura 4.4 Estratigrafía del suelo utilizada. (Fuente: Ensayo SPT de consultora privada). Sin escala.

## 4.2 Elección del tipo de fundación

Para la elección del tipo de fundación se analizan la irregularidad del terreno, el tipo de suelo, la profundidad del estrato resistente a las cargas y la profundidad de la napa freática.

- Irregularidad del terreno:

Se dispone de las cotas altimétricas del terreno en planos de mensuras provistas por Aguas de Corrientes y por el dueño del terreno. Mediante las cotas IGN de 44 puntos relevadas por el agrimensor nacional Alfredo Rito Gómez utilizando el método de nivelación geométrica compuesta se determina la diferencia de altura máxima existente.

Siendo la cota máxima de 59,77 m (en la esquina de la calle El Chocón y avenida La Paz) y la mínima de 54,04 m (en la avenida Teniente Ibáñez entre la avenida Sarmiento y la calle Dr. Valerio Bonastre) resulta 5,73 m la mayor diferencia de altura existente en la zona de estudio. Esto permite afirmar que la topografía es relativamente plana.

- Tipo de suelo y profundidad del estrato resistente a las cargas:

Obtenido del estudio de suelo realizado por la consultora, el estrato obtenido fue el siguiente en cuanto a clasificación del suelo:

*Tabla 4.3 Clasificación del suelo en sus distintas profundidades. (Fuente: Ensayo SPT de consultora privada).*

Profundidad	Tipo de suelo
0,00m-0,10m	Terreno natural
0,10m-1,10m	Arcilla pardo-rojiza mezclada con limo
1,10m-2,60m	Mezcla de limo gris claro con arcilla azulada
2,60m-3,00m	Limo y arena fina sin confinación

La resistencia de los estratos se obtiene a partir del número de golpes que resulta del ensayo normalizado SPT mencionado anteriormente. Se puede observar que el mayor número de estos, y por consiguiente, el estrato de suelo con mayor resistencia mecánica es el primero, una arcilla pardo-rojiza mezclada con limo la cual se extiende hasta 1,10 m de profundidad.

Es de vital importancia a la hora del análisis comparativo de las viviendas construidas con los dos sistemas construidos planteados elegir un tipo de fundación compatible con las dos. Sin embargo esto se busca cuidando de no afectar la seguridad estructural de las viviendas; ni generar un sobre costo que puede evitarse, dado que está comprobado que la fundación posee una elevada incidencia en el costo de la vivienda de interés social.

Además, como el anteproyecto se trata de un barrio de viviendas, también influye en la elección la facilidad de construcción de la fundación, ya que esto compete al movimiento de suelo necesario para materializarla.

Entonces, resumidos los puntos de análisis anteriormente, se opta por la ejecución de una **platea de hormigón armado**, considerando al primer estrato de suelo como el de mayor resistencia mecánica para soportar cargas. Por otro lado al tratarse de un prototipo de vivienda de una sola planta, el mismo genera una platea de dimensiones mínimas para la cual el movimiento de suelo es reducido, incidiendo de forma favorable en el análisis financiero.

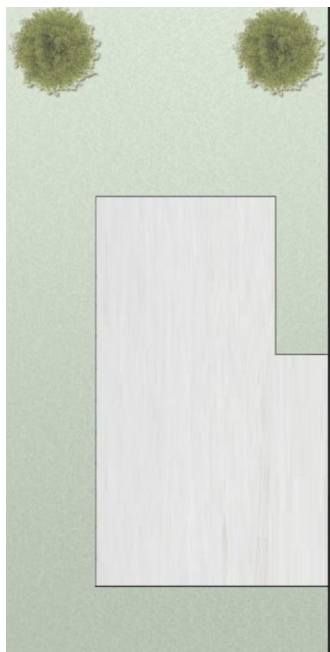
Otro motivo de la elección es que en presencia de un terreno de baja resistencia, las áreas requeridas para apoyo de la cimentación son mayores, siendo la losa de fundación la mejor opción.

Además, una de las ventajas de la platea frente a otro tipo de fundación, es que en este caso no será necesario construir un entrepiso de perfiles para el primer nivel dado que la misma platea funciona como base para el contrapiso o carpeta de terminación.

### 4.3 Diseño de la platea de fundación

La platea propuesta sigue la forma de la vivienda, considerando veredas perimetrales a los lados de la misma. Dicha resolución obedece a la idea de mantener la fundación resguardada de la escorrentía pluvial, es por ello que a dicha vereda se le da una pendiente de 4% hacia el lado contrario a la estructura, pues la lluvia debe caer y alejarse del perímetro de la construcción.

La platea también tiene en consideración el futuro dormitorio propuesto como posibilidad de ampliación resultando una platea de 104,64 metros cuadrados de superficie.



*Figura 4.5 Esquema de la platea de fundación propuesta. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.*

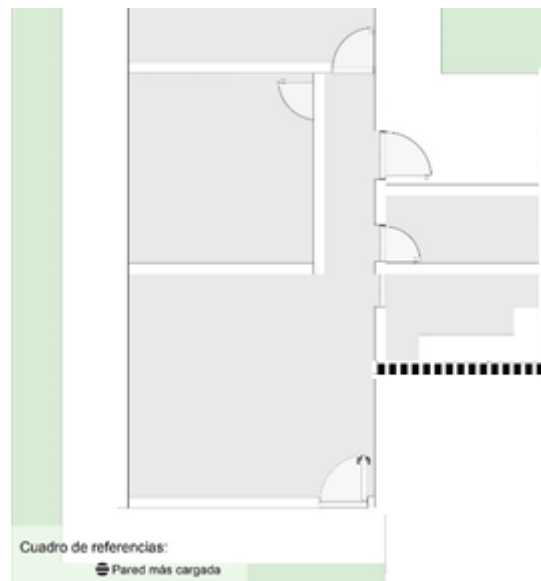
La cota de fundación de la platea se plantea dentro del estrato arcilloso. Si bien las cargas generadas por la estructura diseñada requerirían una armadura de malla mínima, se plantea el uso de doble malla ubicadas inferior y superiormente con el objetivo de reducir los movimientos característicos de estos tipos de suelos.

Para materialización de la fundación se retira la primer capa superficial de suelo por ser considerado orgánico y se lo rellena con material granular seleccionado compactado hasta alcanzar la cota de fundación de proyecto. Sobre el terreno compactado y nivelado se dispone de una membrana geotextil que impedirá el paso del agua hacia la fundación. Un aspecto a tener en cuenta en este tipo de fundaciones es la correcta ubicación de las instalaciones sanitarias previo al colado del hormigón de la platea.

#### 4.4 Cálculo estructural

Siendo la obra a materializar una vivienda de una sola planta, tanto para construcción con mampostería como para construcción con perfilera metálica, resultan estructuras muy livianas.

Para el dimensionado de la platea se toma el peso del muro con mayor carga representado en la figura 4.6 siguiendo el procedimiento planteado por el Ingeniero Bernal en su libro “Zapatas. Estudio de las bases de hormigón armado. Diseño, cálculo y dimensionado”.



*Figura 4. 6 Esquema de la platea resaltando la pared más cargada (Fuente: Elaboración propia) Sin escala.*

#### Dimensionamiento y verificación de platea

Para el dimensionamiento de la platea de hormigón armado se tiene en cuenta el vigente reglamento de Estructuras de Hormigón Armado (CIRSOC 201). El mismo establece que el requisito básico para el diseño por resistencia de estructuras de hormigón se puede expresar de la siguiente forma:

Resistencia de diseño  $\geq$  Resistencia requerida

$$\phi S_n \geq U$$

La resistencia requerida U debe ser igual o mayor que los efectos de las cargas mayoradas dadas en las combinaciones que se encuentran en el apartado de memorias de cálculo del anexo.

#### Predimensionamiento

El espesor de la platea puede predimensionarse como una losa doblemente armada sin vigas interiores utilizando la fórmula  $l/33$  obtenida del CIRSOC 201 (Tabla 9.5.1 c) en función de la tensión de fluencia especificada del acero, considerando una losa exterior sin ábacos pero con vigas de borde.

$$h=3m/33 = 0,09m$$

Sin embargo, el espesor mínimo para plateas es de 0,12m. Por otro lado, por condiciones de diseño, se decide realizar una platea de  $h=0,15\text{m}$  para lograr una diferencia de nivel entre el interior de la vivienda y la vereda perimetral de la misma.

Luego de la verificación a flexión se plantea una malla Acindar Sima Q 378, que soporta  $3,78\text{ cm}^2/\text{m}$ . La misma consiste en barras de 8,5 mm de diámetro separadas longitudinal y transversalmente cada 0,15 m.

Además se verifica que el hormigón de la losa de fundación resiste a todo el esfuerzo de corte a la que se encuentra sometida, sin necesidad de armadura específica para resistir dicha sollicitación.

Por otro lado, se considera la materialización de una viga de encadenado debajo de los muros portantes de la vivienda, donde resulta necesaria para lograr la rigidez en el plano de la platea.

Todos los cálculos y verificaciones se encuentran en el anexo correspondiente a memoria de cálculo: Cálculo estructural de platea.

#### 4.5 Encuentros entre platea y muro de elevación

##### Detalle constructivo steel framing

Para una superestructura de tan poco peso, como lo es la de perfilería metálica, es de gran importancia la forma de anclarlas a la estructura de fundación para evitar el movimiento del edificio debido a la presión del viento.

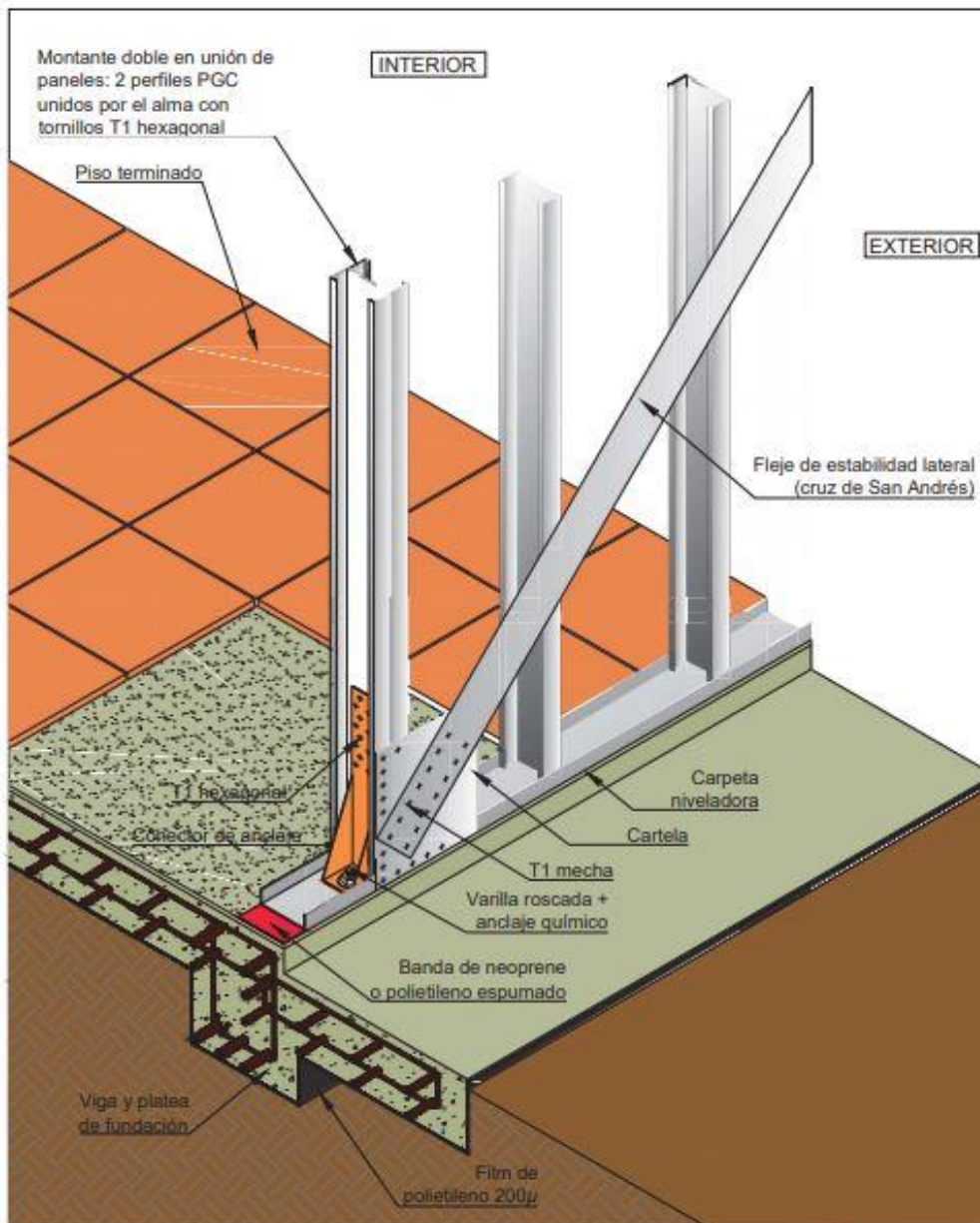
Según la empresa de construcción con la metodología Steel Framing Consul Steel, la selección del anclaje más eficiente depende del tipo de fundación y de las sollicitaciones a la que está sometida la estructura debido a las cargas, condiciones climáticas y ocurrencia de movimientos sísmicos. El anclaje se define mediante cálculo estructural, presente en el anexo de este capítulo.

El elegido es el **anclaje químico con varilla roscada**, el cual consiste en una varilla roscada con arandela y tuerca, que se fija en el hormigón por medio de la perforación llenada con una resina química para formar una interfaz resistente con el hormigón. La fijación a la estructura se logra por medio de una pieza de acero (Figura 4.7) que va conectada a la varilla roscada y a la solera inferior y atornillada al montante generalmente doble. La colocación de la pieza de acero se realiza después del hormigonado de la platea.

Se puede ver de forma esquemática en la Figura 4.8 el sistema de anclaje elegido en un muro que conecta el interior de la vivienda con el exterior.



**Figura 4.7** Pieza de acero que vincula la superestructura de steel framing a la platea. (Fuente: Manual de INCOSE). Sin escala.



**Figura 4.8** Anclaje químico con varilla rosada (Fuente: Manual de INCOSE). Sin escala.

### Detalle constructivo sistema tradicional

Para el sistema tradicional, el encuentro entre platea de fundación y muro de elevación se plantea como puede observarse en la Figura 4.9. Como los ladrillos cerámicos huecos, propuestos como cerramiento vertical, tienen peso suficiente para mantenerse anclados a la fundación no existe necesidad de un medio de unión mecánico. La losa de fundación y mampostería se vinculan mediante un mortero de cemento impermeable (MCI) que actúa como capa aisladora, aislando a la estructura de la humedad.

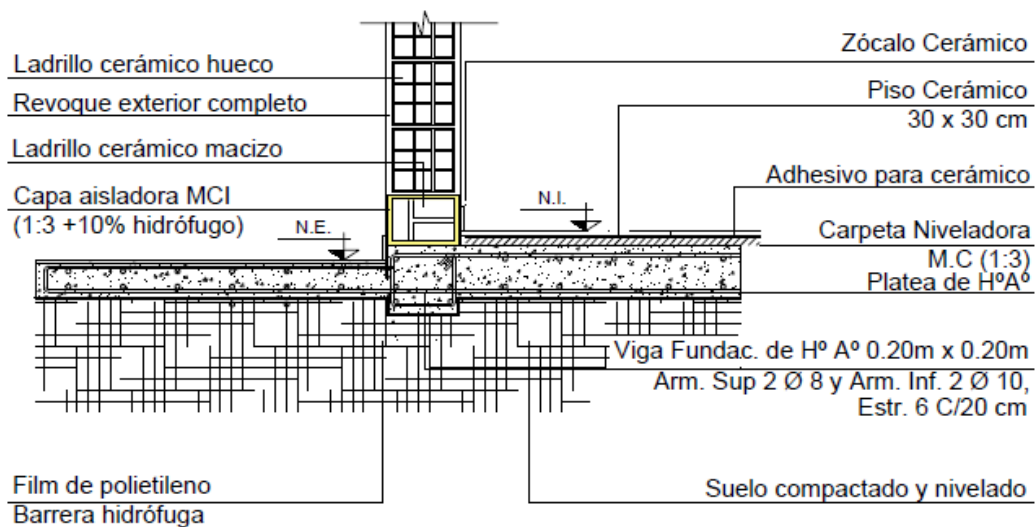


Figura 4.9 Detalle encuentro platea con muro de ladrillo hueco. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.

## 5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE PERFILES PARA STEEL FRAMING

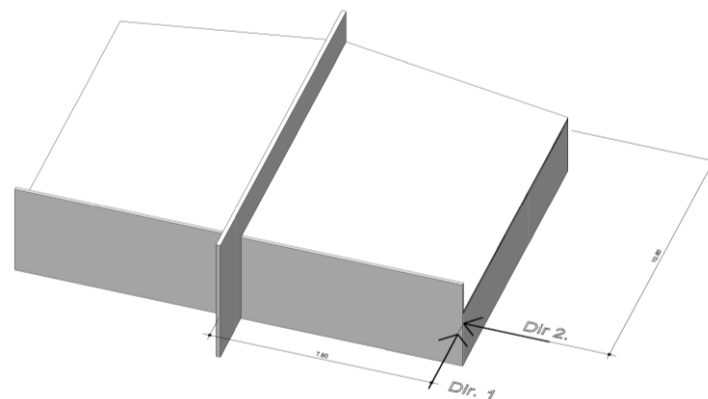
### 5.1 Consideraciones estructurales

Para el estudio de estructuras livianas, como lo es el caso de viviendas construidas con steel framing, se deben tener en mayor consideración las cargas de succión generadas por la acción del viento ya que el bajo peso propio de las estructuras, sumado a que las sobrecargas gravitatorias en cubiertas inclinadas no son de gran magnitud, hacen que la incidencia relativa de la acción del viento sea crítica en la mayoría de los casos. A su vez, se debe tener un correcto anclaje con la fundación establecida y verificar que las sollicitaciones generadas en los perfiles por las cargas resultantes no superen la resistencia de estos ante cada uno de los esfuerzos estudiados.

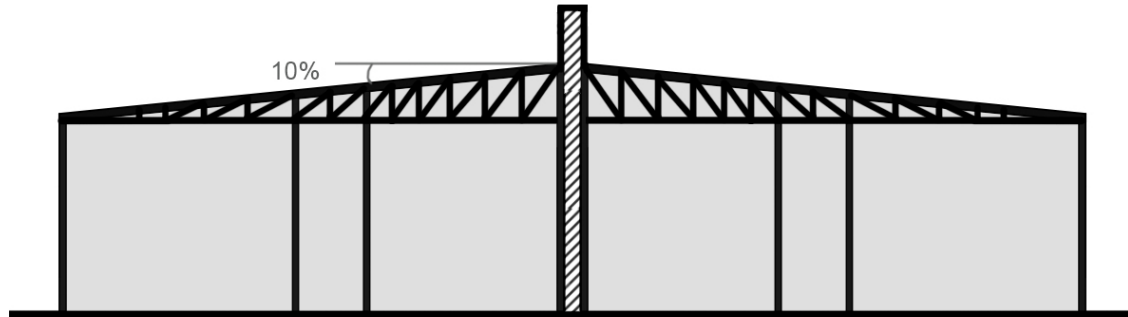
Para poder dar una mayor resistencia a los efectos del viento, se realiza el análisis estructural considerando un conjunto de dos casas con pendientes de un agua hacia los lados, unidas en el medio por un muro medianero de ladrillos comunes. Esto genera una estructura con pendiente a dos aguas y un elemento rigidizador en el medio de estas que se debe analizar ante la acción del viento en dos direcciones principales (figura 5.1). Si bien el diseño de la vivienda no cumple exactamente con esta tipología estructural, ya que no posee una planta rectangular y su pared del frente está sobreelevada con respecto a las demás, se realiza esta simplificación para poder estudiarlo con el reglamento CIRSOC 102 -2005 (dado que el prototipo de viviendas es sencillo no se justifica un ensayo en túnel de viento).

Además de la pared medianera, que ya le entrega rigidez al conjunto, se deben realizar en algunos paneles de steel framing refuerzos constituidos por flejes inclinados conformando los arriostramientos llamados cruces de San Andrés. Estos elementos permiten generar los sistemas triangulados indesplazables capaces de resistir los esfuerzos horizontales debidos a la acción del viento en la dirección del plano de los paneles, y disminuir así los esfuerzos en cada uno de los perfiles.

Se parte de la hipótesis que solo la estructura metálica le entrega rigidez al conjunto, sin considerar la que generan las placas de OSB presentes en cada panel, por lo que se está siempre del lado de la seguridad

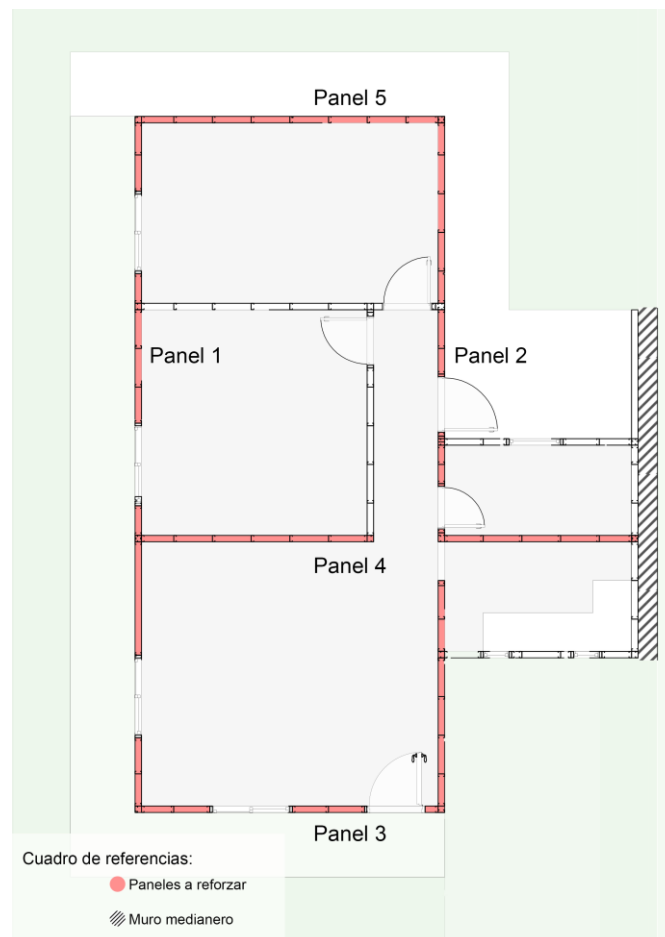


**Figura 5.1** Esquema del conjunto estructural y las direcciones principales del viento a analizar. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.



**Figura 5.2** Corte esquemático del conjunto estructural. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.

Tomando la dirección principal del viento paralela a la pared medianera (dirección 1), se materializan refuerzos en los dos paneles principales de ambas viviendas localizados en este mismo sentido. Por otro lado, para una dirección del viento perpendicular a la anterior (dirección 2), se fortifican los tres paneles de mayor extensión coincidentes con la orientación del viento en ambas casas (figura 5.3).



**Figura 5.3** Esquema de paneles a reforzar para ambas direcciones principales del viento. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.

## 5.2 Análisis de cargas

Como punto de partida para el cálculo estructural se realiza el análisis de cargas para el prototipo en estudio, en el cual se conoce la intensidad de las mismas y su distribución en la estructura. En este análisis se utilizan como base diferentes reglamentos en función de los distintos tipos de cargas, que son:

- **Cargas permanentes D (CIRSOC 101):** Este reglamento define a estas cargas como las que poseen variaciones a lo largo del tiempo de pequeña magnitud y tiempo de aplicación prolongado.  
En el caso en estudio se toman en cuenta los perfiles componentes de las cabreadas del techo, la cubierta y el cielorraso utilizado. Para cada uno de estos, se encuentra la carga sobre el elemento estructural a estudiar tomando el peso unitario provisto por el reglamento CIRSOC 101 y multiplicandolo por sus dimensiones.
- **Sobrecargas L y L<sub>r</sub> (CIRSOC 101):** El reglamento nombrado define a estas cargas como aquellas originadas por el uso y ocupación de la estructura.  
Para el prototipo se tienen en consideración las sobrecargas de diseño y las de la cubierta, y en función de sus dimensiones y destino, se encuentran las cargas lineales sobre la estructura.
- **Cargas de viento W (CIRSOC 102):** Definidas como las acciones del viento sobre la estructura a estudiar.  
Siguiendo lo establecido en las consideraciones estructurales, el procedimiento de diseño para encontrar las cargas de viento sobre la estructura es el analítico, que comienza con la determinación de la velocidad básica de viento en función de la localización geográfica del proyecto, y de los coeficientes establecidos por el reglamento CIRSOC 102, que son:
  - El factor de direccionalidad  $K_d$ : Al estar en función del tipo de estructura, se toma al prototipo como un sistema principal resistente a la fuerza de viento entonces  $K_d = 0,85$ .
  - El factor de importancia I: Se toma a la vivienda tipo como una de categoría II, que engloba a los edificios y estructuras que representan un peligro para la vida humana, lo que resulta en  $I = 1$ .
  - El coeficiente de exposición para la presión dinámica  $K_z$ : Se determina para cada dirección estudiada de viento y está en función de la altura y la categoría de exposición de la estructura, que se considera exposición B para áreas urbanas y suburbanas, por lo que  $K_z = 0,72$ .
  - El factor topográfico  $K_{zt}$ : Al no existir lomas, escarpas o colinas en el terreno de estudio, se considera  $K_{zt} = 1$ .

Ya con estos factores, se encuentra la presión dinámica  $q_z$ :

$$q_z = q_h = 0,613 * K_z * K_{zt} * K_d * V^2 * I$$

Posterior a esto, se determinan los coeficientes de presión interna (GC<sub>pi</sub>) y externa (GCP<sub>f</sub>) para poder con ellos calcular la presión de diseño del viento sobre la estructura. El primer coeficiente para edificios cerrados, como en el caso de la estructura en estudio, es  $GC_{pi} = \pm 0,18$ . Para el segundo coeficiente se deben tener en cuenta las diferentes direcciones del viento y como este incide en la estructura.

Ya teniendo estos valores, para edificios de baja altura el reglamento establece que la presión de diseño del viento  $p$  es:

$$p = qh * (GCPf - GCPI)$$

Para ambas direcciones del viento se resumen las presiones de diseño en los siguientes cuadros:

**Viento en dirección 1:**

Se refuerzan los paneles 1 y 2:

*Tabla 5.1 Presiones de diseño para paneles con dirección paralela al muro medianero. (Fuente: Elaboración propia).*

Nombre	GCPf	Presión 1 (Gcpi=+0,18)	Presión 2 (Gcpi=-0,18)	Presión de diseño
		(N/m2)	(N/m2)	(N/m2)
p5E	0,61	621,13	341,35	621,13
p2E	-1,07	-706,51	-992,29	-992,29
p2	-0,69	-404,85	-690,63	-690,63
p6E	-0,43	-198,46	-484,23	-484,23
p5	0,4	460,42	174,64	460,42
p3E	-0,53	-277,85	-563,62	-563,62
p6	-0,29	-87,32	-373,1	-373,1

**Viento en dirección 2:**

Se refuerzan los paneles 3, 4 y 5:

*Tabla 5.2 Presiones dinámicas de diseño para paneles con dirección paralela al muro medianero. (Fuente: Elaboración propia).*

Nombre	GCPf	Presión 1 (Gcpi=+0,18)	Presión 1 (Gcpi=-0,18)	Presión máxima
		(N/m2)	(N/m2)	(N/m2)
p1	0,43	484,24	198,46	484,24
p2	-0,69	-404,85	-690,63	-690,63
p3	-0,4	-11,14	-396,92	-396,92
p4	-0,32	-174,64	-460,42	-460,42
p1E	0,65	658,88	373,1	658,88
p2E	-1,07	-706,51	-992,29	-992,29
p3E	-0,57	-309,59	-595,37	-595,37
p4E	-0,48	238,15	-523,93	-523,93

**Cargas de viento sobre los paneles a estudiar:**

Se linealizan las cargas de viento sobre cada panel teniendo en cuenta cuanta superficie efectiva de aplicación de la presión del viento deben soportar.

### Combinaciones de cargas (CIRSOC 303):

Ya con el análisis de cargas terminado, se realiza el estudio de las diferentes combinaciones posibles de cargas establecidas por el reglamento CIRSOC 303 para el estudio de elementos estructurales de acero de sección abierta conformados en frío.

Este reglamento utiliza el método LRFD en las combinaciones, el cual establece que las cargas y las resistencias de los distintos elementos se encuentran afectados por una serie de coeficientes y que la sumatoria de cargas mayoradas debe ser menor a la resistencia estructural ya minorada.

Al estudiarse las distintas combinaciones, se encuentra que la más perjudicial para el prototipo estructural es la que minoras las cargas permanentes y mayoras las de viento:

$$0,9D + 1,5W \leq Rd$$

Se encuentran en el apartado denominado **Memorias de cálculo** el análisis de cargas y las combinaciones de las mismas con todos los cálculos auxiliares realizados, además de esquemas de detalles de cada uno de los paneles de estudio.

### 5.3 Análisis estructural de paneles de steel framing

#### Análisis estructural de los perfiles más solicitados (CIRSOC 303)

Se estudian todos los paneles a reforzar con sus respectivas cargas, en función de la combinación de éstas que genere efectos más perjudiciales en la estructura, en búsqueda de los perfiles que se encuentren más solicitados a cada uno de los respectivos esfuerzos. Ya habiendo hallado estos, se calculan sus resistencias de diseño en función de lo que establece el reglamento CIRSOC 303 y se compara que sean mayores a las resistencias requeridas.

Además de esto, se consideran a los montantes de los extremos como unos de sección compuesta constituidos por dos perfiles C formando una estructura con de doble T, debido a que de esta manera se materializa el encuentro entre dos paneles perpendiculares. En las situaciones donde el panel que se coloque no posea otro en el cual apoyarse, se utiliza un perfil solo para el montaje que se atornilla con el extremo libre para generar esta sección compuesta.

Se adoptan los elementos del catálogo de AD Barbieri y de Tel Autoperforantes, siendo estos:

- Montantes PGC 100\*0,89
- Soleras PGU 100\*1,60
- Cruces de San Andrés: flejes de 50\*0,94 mm
- Uniones: tornillos hexagonales autoperforantes T1 sin arandela, según cálculo.

Para este análisis se utiliza el programa FTool que, disponiendo como base las medidas geométricas de los perfiles, su respectivo material y las cargas existentes, provee las solicitaciones resultantes. Además, se utiliza el programa Section Framework para el cálculo de las características geométricas de los perfiles analizados.

## 1) Diseño de los medios de unión (CIRSOC 303 – E):

### Unión montante – solera:

En primera instancia, al estudiar las solicitaciones generadas en los distintos perfiles estructurales se utilizan las de los más cargados a corte y tracción para el estudio de las uniones.

Siguiendo lo establecido por el reglamento CIRSOC 303 en su capítulo E se dimensiona el diámetro del tornillo a utilizar teniendo en cuenta la resistencia al corte de la unión. Ya con este predimensionado, se realizan las verificaciones del mismo las cuales son:

- Verificación por volcamiento del tornillo y aplastamiento de la chapa
- Verificación por resistencia al corte de los tornillos
- Verificación a la limitación por distancia al borde
- Verificación al arrancamiento
- Verificación al aplastamiento
- Verificación por resistencia a tracción de los tornillos

Después de estas verificaciones, se encuentra que la situación más perjudicial para la unión a la que se verifica es al arrancamiento de la misma, la cual define un porcentaje de sobredimensionado de 17,21 % para la unión adoptada.

**Unión adoptada: 10 tornillos autoperforantes hexagonales T1 #12, 5 a cada lado de la unión.**

Separación mínima:  $s = 3 * d = 3 * 0,55 \text{ cm} = 1,65 \text{ cm}$

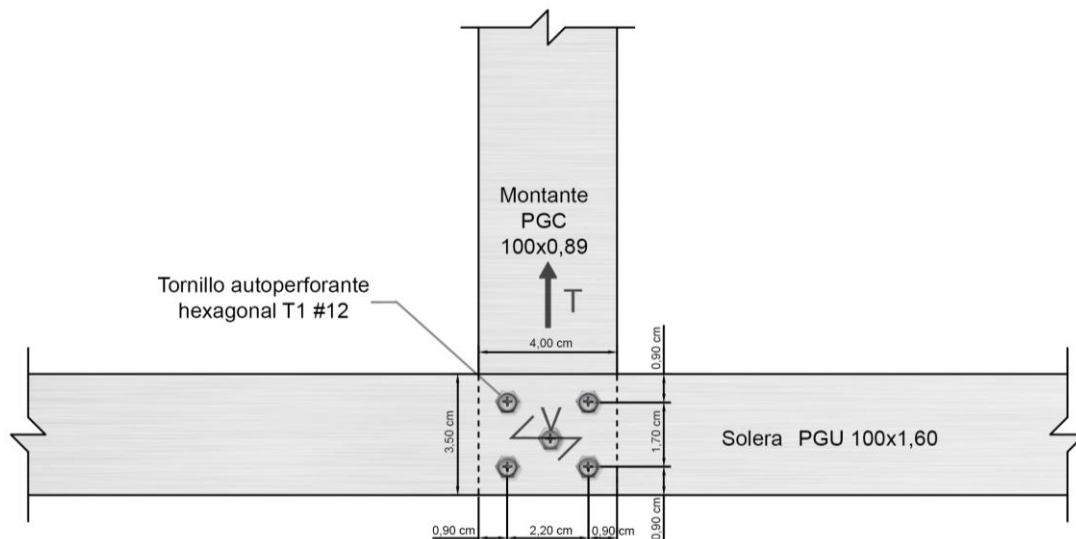
Distancias mínimas a los bordes:  $e = 1,5 * d = 1,5 * 0,55 \text{ cm} = 0,825 \text{ cm}$

**Separaciones adoptadas:**

$s_1 = 22 \text{ mm} = 2,2 \text{ cm}$

$s_2 = 17 \text{ mm} = 1,7 \text{ cm}$

$d_b = 9 \text{ mm} = 0,9 \text{ cm}$



*Figura 5.4 Esquema de un lado de la unión de los perfiles montantes con las soleras metálicas. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.*

### Unión solera – montante doble:

En los montantes extremos y los que se utilizan como refuerzos en cada abertura se utilizan montantes con una sección compuesta dada por la unión de dos perfiles C formando una sección doble T armada.

Se realiza el mismo procedimiento detallado en la unión anterior y también se encuentra que la situación límite se da en la verificación al arrancamiento, resultando en un **porcentaje de sobredimensionado de 10,85 %**.

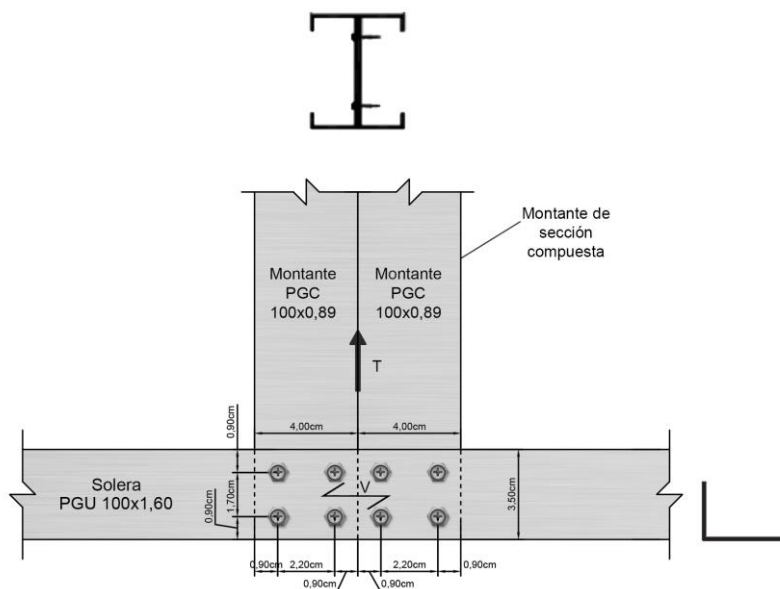
**Unión adoptada: 16 tornillos autoperforantes hexagonales T1 #12 con punta mecha, 8 a cada lado de la unión.**

#### Separaciones adoptadas:

$$s_1 = 22 \text{ mm} = 2,2 \text{ cm}$$

$$s_2 = 17 \text{ mm} = 1,7 \text{ cm}$$

$$d_b = 9 \text{ mm} = 0,9 \text{ cm}$$



*Figura 5.5 Esquema de la unión entre un montante de sección compuesta y una solera. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.*

### Unión flejes – montantes y soleras:

Como método de rigidización ante la acción del viento en el mismo plano del panel, se disponen una serie de cruces de San Andrés materializadas como flejes tensionados del mismo material de los perfiles vinculados a las alas exteriores de los mismos. Para su unión con la estructura de montantes y soleras se utiliza una chapa de nudo o cartela, también del mismo material, y tornillos autoperforantes hexagonales T1 #12 con punta mecha, según cálculo.

Dimensiones fleje:  $h = 50 \text{ mm}$  ;  $e = 0,93 \text{ mm}$

Espesor cartela:  $e = 0,90 \text{ mm}$

Se realizan las mismas verificaciones que en los casos anteriores para la unión entre los flejes y la cartela, en la cual se da un **porcentaje de sobredimensionado de 15,83 %**.

**Unión adoptada: 12 tornillos autopercorantes hexagonales T1 #12 con punta mecha.**

**Separaciones adoptadas:**

$$s_1 = 30 \text{ mm} = 3 \text{ cm}$$

$$s_2 = 18 \text{ mm} = 1,8 \text{ cm}$$

$$d_b = 10 \text{ mm} = 1 \text{ cm}$$

**Dimensionado de cartela:**

Se utiliza como ángulo de cálculo para la dimensión de las cartelas uno de 45°, ya que es el que genera mayores dimensiones de la misma.

Distancia inclinada:

$$d_i = 2 * d_b + 4 * s_2 = 2 * 1 \text{ cm} + 4 * 1,8 \text{ cm} = 9,2 \text{ cm}$$

Lados cartela:

$$L_c = d_i * \cos(45^\circ) + \text{Ala perfil} = 9,2 \text{ cm} * \cos(45^\circ)$$

$$L_c = 6,51 \text{ cm}$$

**Se adopta una cartela cuadrada de 10 cm x 10 cm con un espesor de 0,09 cm.**

**Unión de cartela con montante y solera:**

Se repiten las verificaciones nombradas anteriormente, resultando en un **porcentaje de sobredimensionado de 17,21 %**.

**Unión adoptada: 10 tornillos autopercorantes hexagonales T1 #12 con punta mecha.**

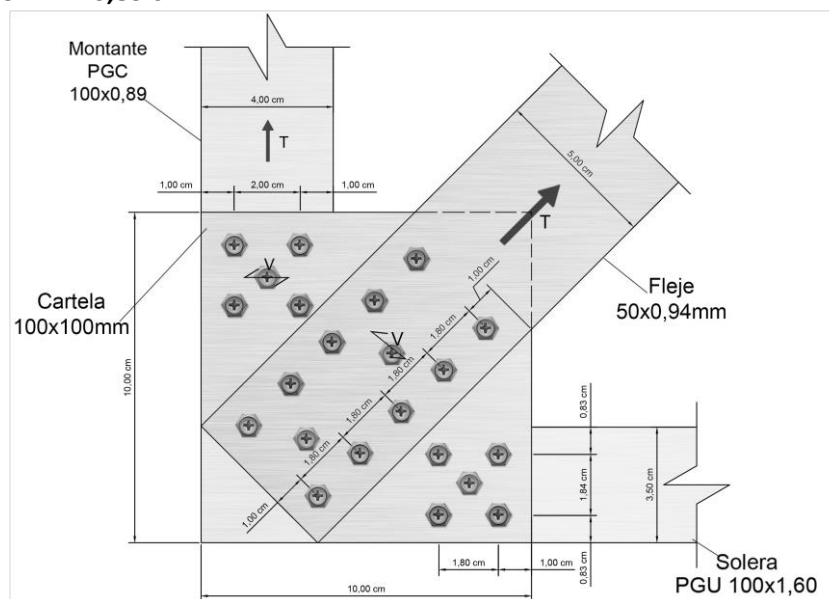
**Separaciones adoptadas:**

$$s_1 = 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm}$$

$$s_2 = 18,4 \text{ mm} = 1,84 \text{ cm}$$

$$d_{b1} = 10 \text{ mm} = 1 \text{ cm}$$

$$d_{b2} = 8,3 \text{ mm} = 0,83 \text{ cm}$$



*Figura 5.6 Esquema de la unión de los montantes, soleras, cartelas y flejes metálicas. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.*

### Unión montantes extremos para montaje:

En este caso se seguirán las disposiciones mencionadas por el reglamento CIRSOC 303 en su capítulo D, que establecen una separación mínima entre los medios de unión de un sexto del largo total del elemento.

Teniendo esto en cuenta, se plantea una unión constituida por **dos tornillos auto perforantes hexagonales T1 #12 con punta mecha cada 15 cm.**

Se detallan de manera más precisa los cálculos de uniones en el anexo denominado **Memorias de cálculo.**

### 2) Verificación relaciones de esbeltez y anchos efectivos (CIRSOC 303 – B):

En este punto se verifican las relaciones de esbeltez para corroborar que no se produzca pandeo local en ninguno de los elementos de cada perfil, y se analiza la sección efectiva de los mismos ya que esta tiene una influencia directa en el cálculo de las resistencias a compresión y flexión.

#### Montante de sección simple:

Para este estudio se realiza la separación de los perfiles en elementos más pequeños que lo componen, como lo son para este caso el labio rigidizador, las alas y el alma. Se deben verificar las relaciones de esbeltez y hacer el cálculo de los anchos efectivos para cada uno de ellos, para poder luego encontrar las características geométricas necesarias de la sección efectiva.

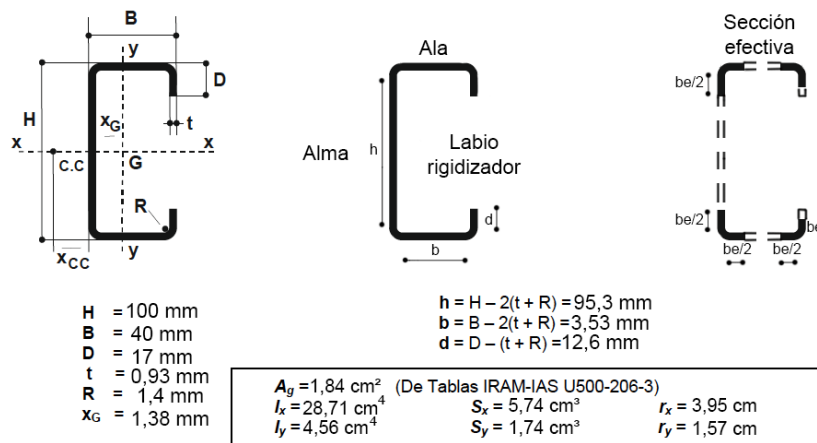


Figura 5.7 Características geométricas de los perfiles C utilizados como montantes. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.

#### Verificación de relaciones de esbeltez:

Ala:  $b/t = 37,96 < 60 \Rightarrow$  B.C.

Labio rigidizador:  $d/t = 13,6 \Rightarrow$  B.C.

Máxima relación entre Altura del alma y su espesor (CIRSOC 303 – B.1.2):

$h/t = 102,47 < 200 \Rightarrow$  B.C.

**Determinación de anchos efectivos de elementos comprimidos para resistencia:**

**Labio rigidizador:** Elemento rigidizador de borde con tensiones variables (CIRSOC 303 – B.3.2 (a))

$$be = 0,9 * 1,26 \text{ cm} = 1,13 \text{ cm}$$

**Alas:** Elementos uniformemente comprimidos con rigidizador de borde (CIRSOC - B.4.2)

$$be = 0,88 * 3,53 \text{ cm} = 3,10 \text{ cm}$$

**Alma:** Elemento con perforaciones y tensiones linealmente variables (CIRSOC – B.2.3(1))

$$be = 0,16 * 9,53 \text{ cm} = 1,53 \text{ cm}$$

**Cálculo de las características geométricas de la sección efectiva:**

Se realiza el estudio geométrico utilizando el programa Section Framework:

**Área efectiva:**  $A_e = 1,04 \text{ cm}^2$

**Montante de sección compuesta:** Montantes extremos o refuerzos para aberturas compuestos por 2 PGC 100\*0,89 unidos en sus almas generando una sección doble T.

**Verificación de relaciones de esbeltez:**

Igual al caso anterior, con la única diferencia que al ser dos perfiles unidos por sus alas, se duplican los valores para el cálculo de las características de la sección efectiva.

**Determinación de anchos efectivos de elementos comprimidos para resistencia:**

**Labio rigidizador:** Elemento rigidizador de borde con tensiones variables (CIRSOC 303 – B.3.2 (a))

Al ser el mismo elemento que en los montantes simples, el ancho efectivo es igual al del caso anterior.

$$be = 0,9 * 1,26 \text{ cm} = 1,13 \text{ cm}$$

**Alas:** Elemento uniformemente comprimido con rigidizador de borde (CIRSOC - B.4.2)

$$be = 0,88 * 3,53 \text{ cm} = 3,10 \text{ cm}$$

**Alma:** Elemento con perforaciones y tensiones linealmente variables (CIRSOC – B.2.3(1))

Por el tamaño de las perforaciones en el alma trabaja como un elemento no rigidizado uniformemente comprimido (CIRSOC 303 – B.3.1(a))

$$be = 0,17 * 9,53 \text{ cm} = 1,62 \text{ cm}$$

**Cálculo de las características geométricas de la sección efectiva:**

Se realiza el estudio geométrico utilizando el programa Section Framework:

**Área efectiva:**  $A_e = 2,09 \text{ cm}^2$

### Solera de sección simple:

Este elemento a diferencia de los anteriores solo posee un par de alas y un alma a ser estudiados.

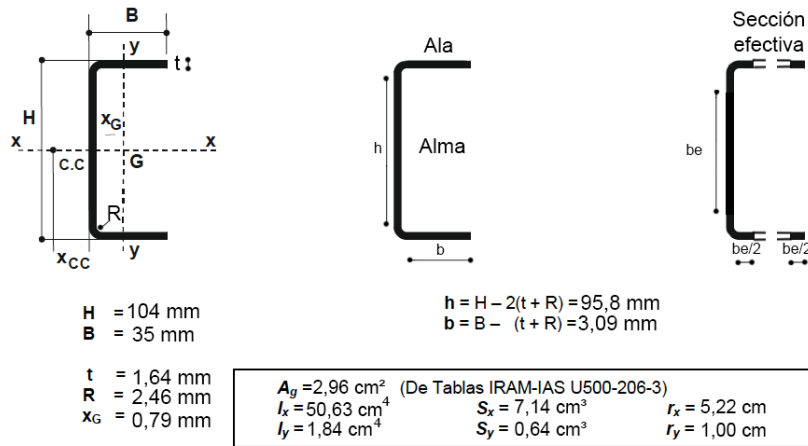


Figura 5.8 Características geométricas del perfil U utilizado como soleras. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.

### Verificación de relaciones de esbeltez:

Ala:  $b/t = 18,84 < 60 \Rightarrow$  B.C.

Máxima relación entre Altura del alma y su espesor (CIRSOC 303 – B.1.2):

$h/t = 58,41 < 200 \Rightarrow$  B.C.

### Determinación de anchos efectivos de elementos comprimidos para resistencia:

**Alas:** Elementos no rigidizados (CIRSOC - B.3.1)

$b_e = 0,71 * 3.09 \text{ cm} = 2,20 \text{ cm}$

**Alma:** Elemento rigidizado con tensiones linealmente variables (CIRSOC – B.2.3(1))

$b_e = b$  (Toda la sección es efectiva)

$b_e = 9,58 \text{ cm}$

Cálculo de las características geométricas de la sección efectiva:

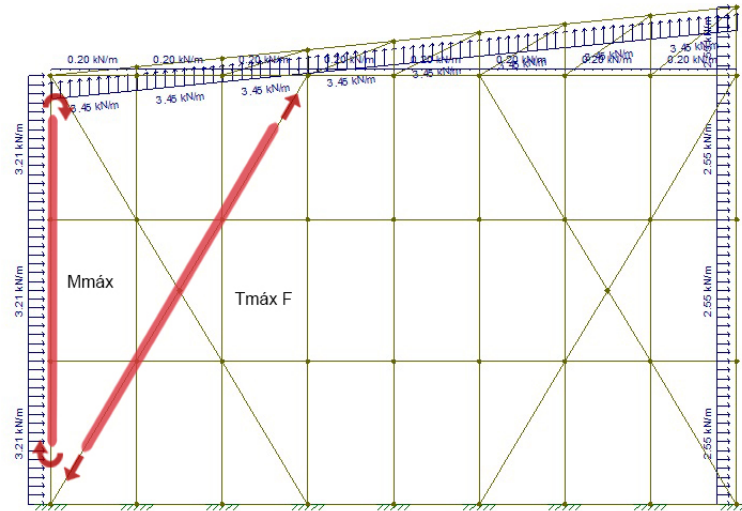
Se realiza el estudio geométrico utilizando el programa Section Framework:

Área efectiva:  $A_e = 2,46 \text{ cm}^2$

Se encuentran más detallados los cálculos auxiliares para la determinación de los anchos efectivos y relaciones de esbeltez de los elementos en el anexo denominado **Memorias de cálculo**.

### 3) Verificación a tracción (CIRSOC 303 – C.2):

Al estudiar todos los paneles con la combinación de cargas resultante, se encuentra que el elemento más solicitado a tracción es un montante de sección compuesta perteneciente al panel 3. Por otro lado, el montante de sección simple más traccionado es uno perteneciente al panel 2, y el fleje con mayor carga de tracción pertenece al número 5 (figura 5.9).



**Figura 5.9** Esquema estructural del panel 5 en el cual se resalta el perfil más solicitado a flexión y el fleje más traccionado. (Fuente: Elaboración propia utilizando el programa FTool). Sin escala.

#### Verificación del fleje perteneciente a cruz de San Andrés:

En este caso, se realiza la verificación del perfil a fluencia en la sección bruta y rotura en la neta, cuya diferencia con la anterior radica en que no se toma en cuenta para el cálculo la sección ocupada por los medios de unión.

La situación más perjudicial para el perfil se da en el estudio a rotura en la sección neta, donde el **porcentaje de sobredimensionado es de 37,08 %**.

#### Verificación del montante sección simple:

Se realizan las mismas verificaciones que para el caso anterior, y se encuentra con un **porcentaje de sobredimensionado = 513,64 %**.

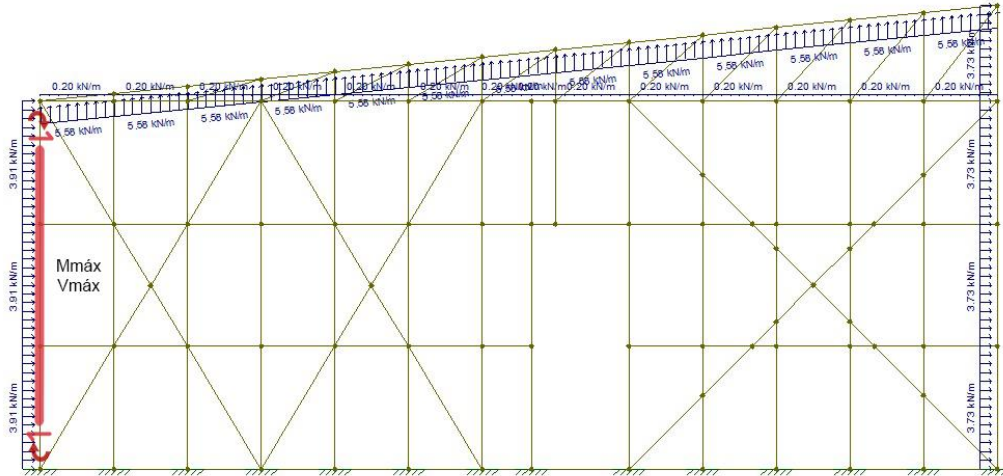
#### Verificación del montante sección compuesta:

Si bien el montante más solicitado a tracción es uno de sección compuesta perteneciente al panel 3, la carga a tracción que debe soportar es menor a la que resiste un perfil de sección simple, por lo que se considera que está en buenas condiciones.

Se adjuntan de manera más detallada los cálculos para la verificación a tracción en el apartado denominado **Memorias de cálculo**.

#### 4) Verificación a la flexión (CIRSOC 303 – C.3):

Al estudiar todos los paneles con la combinación de cargas resultante, se encuentra que los perfiles más solicitados a flexión son montantes de sección compuesta pertenecientes al panel 1, 2, 4 y 5. Por otro lado, la solera más solicitada a flexión es perteneciente al panel 2, y el mayor momento al cual están solicitados los montantes simples es de 0,30 kNm, valor repetido en todos los paneles.



*Figura 5.10 Esquema estructural del panel 4 donde se resaltan los perfiles más solicitados a flexión y corte. (Fuente: Elaboración propia utilizando el programa FTool). Sin escala.*

#### Montante de sección simple: Flexión sobre el eje x-x

Para el estudio a flexión se halla la resistencia nominal a la flexión, que se determina como el menor de los valores de:

- Resistencia nominal de secciones lateralmente arriostradas en forma continua
- Resistencia al pandeo lateral-torsional

En el caso de estudio la menor se da para la resistencia al pandeo lateral-torsional, la que siendo comparada con la máxima flexión da un **porcentaje de sobredimensionado de 160 %**.

#### Montante de sección compuesta: Flexión sobre el eje x-x

Se prosigue de la misma manera que para el caso anterior, también encontrando la situación más perjudicial para el caso de la verificación al pandeo lateral-torsional, con un **porcentaje de sobredimensionado de 142,24 %**.

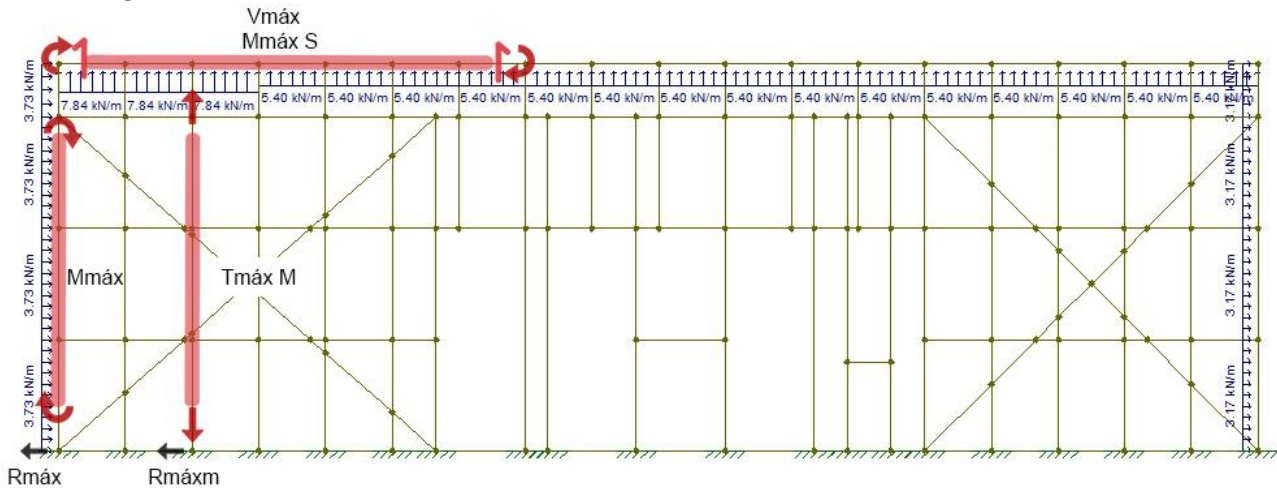
#### Solera: Flexión con respecto al eje x-x:

De igual manera que en los elementos anteriores la verificación a flexión se realiza comparando dos tipos de resistencias, y se encuentra que comparando la resistencia al pandeo lateral-torsional con la máxima carga a flexión se da un **porcentaje de sobredimensionado de 775 %**.

Se adjuntan de manera más detallada los cálculos para la verificación a flexión en el apartado denominado **Memorias de cálculo**.

**5) Verificación al corte (CIRSOC 303 – C.3.2):**

Al estudiar todos los paneles con la combinación de cargas resultante, se encuentra que los perfiles más solicitados al corte son un montante del panel 4 y una solera perteneciente al panel 2 (figura 5.11).



*Figura 5.11 Esquema estructural del panel 2 donde se resaltan los perfiles más solicitados a corte y flexión, la solera con mayor momento flector, las reacciones máximas, y el montante de sección simple más traccionado. (Fuente: Elaboración propia utilizando el programa FTool). Sin escala.*

Se realizan las verificaciones a corte del montante de sección compuesta y la solera más solicitados ante este esfuerzo, donde se tiene en cuenta solo el alma como elemento resistente. En el caso del primero, se tienen en cuenta también las perforaciones que tiene en el alma para el paso de las instalaciones, lo que disminuye su resistencia al corte.

Al realizar la comparación entre las resistencias de diseño y las máximas solicitaciones a corte, se dan:

Para el **montante de sección compuesta: Porcentaje de sobredimensionado = 548 %.**

Para la **solera: Porcentaje de sobredimensionado = 760 %.**

Se encuentra de forma más detallada la verificación al corte de los perfiles en el anexo llamado **Memorias de cálculo**.

**6) Verificación a flexión y corte combinados (CIRSOC 303 – C.3.3):**

Para esta verificación se estudia el perfil más solicitado a la flexión y corte, que es un montante de sección compuesta perteneciente al panel 4.

Se analizan las resistencias a flexión y corte establecidas en los puntos 4 y 5, respectivamente, y las máximas solicitaciones ante estos esfuerzos. Se considera que ambos cargan al perfil al mismo tiempo, y que este debe ser capaz de resistir su accionar en conjunto.

Al realizar el estudio se encuentra un **porcentaje de sobredimensionado de 79 %.**

Se adjuntan los cálculos necesarios para esta verificación en el apartado **Memorias de cálculo**.

### 7) Verificación al pandeo localizado en las almas (CIRSOC 301 – 3.4):

Al estudiar todos los paneles con el estado resultante de cargas, se encuentra que las mayores reacciones tanto sobre un montante simple, como en uno de sección compuesta se dan en el panel 2.

En este caso, el reglamento establece una serie de coeficientes para poder realizar la comparación entre la resistencia del alma de los perfiles a su posibilidad de pandear y la máxima reacción que los solicita. Estos coeficientes están en función de:

- Las condiciones del ala y del apoyo: Se considera que en este caso están unidos al apoyo mediante las soleras perimetrales.
- Los casos de carga: Al estudiarse la distancia libre entre los bordes de apoyo de cargas y el extremo de la barra se encuentra que para el prototipo estas cargas se dan sobre un ala en situación extrema.
- El factor de reducción: Está en función de las perforaciones del alma, y en estos casos al ser montantes con perforaciones estándar, este coeficiente es igual a la unidad.

La diferencia entre el estudio del montante de sección simple y el de sección compuesta radica en que si bien ambos se estudian como un solo perfil, para el segundo se duplica el valor obtenido.

Para el caso de montante de sección simple, el **porcentaje de sobredimensionado es de 71 % y para el de sección compuesta, de 22,42 %**.

Se encuentran los cálculos auxiliares para esta verificación en el anexo denominado **Memorias de cálculo**.

### 8) Verificación a flexión y pandeo localizado del alma combinados (CIRSOC 303 – C.3.5)

Al cargar todos los paneles con el estado resultante de cargas se obtuvo que el perfil más solicitado a flexión y pandeo local del alma es el montante compuesto extremo del panel 2.

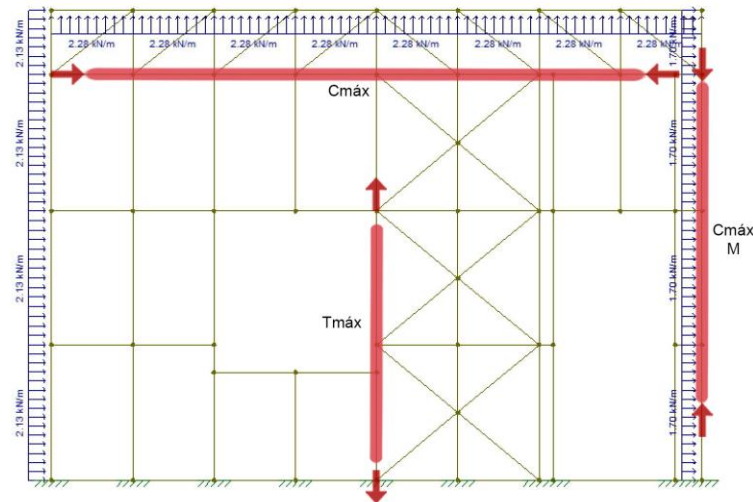
Para esta verificación se utilizan las resistencias a ambos esfuerzos, obtenidas anteriormente, y se considera que los dos solicitan al perfil al mismo tiempo.

Siguiéndose lo planteado por el reglamento para perfiles que poseen múltiples almas no reforzadas, como es el caso del prototipo para los montantes de sección compuesta, se encuentra un **porcentaje de sobredimensionado de 22 %**.

Los cálculos para esta verificación se encuentran en el apartado llamado **Memorias de cálculo**.

### 9) Verificación a la compresión (CIRSOC 303 – C.4):

Al estudiar todos los paneles con la combinación de cargas resultante, se encuentra que la mayor sollicitación a compresión se da en una solera del panel 3, en el cual también se localiza el montante más comprimido (figura 5.12).



**Figura 5.12** Esquema estructural del panel 3 donde se resaltan los perfiles más solicitados a tracción y compresión, y el montante más comprimido. (Fuente: Elaboración propia utilizando el programa FTool). Sin escala.

### Verificación del montante:

Para la verificación del montante se tienen en cuenta las perforaciones ya mencionadas en su alma, pero al ya estar normalizadas estas no influyen en la sección resistente, que se considera igual al área efectiva del perfil.

Luego, calculando su esbeltez crítica se encuentra la tensión a la que trabaja y la cantidad de carga que es capaz de resistir, dándose un **porcentaje de sobredimensionado de 858 %**.

### Verificación de la solera:

Para la solera se procede de la misma manera que para el perfil anterior, salvando la diferencia que el primero no posee perforaciones en el alma, por lo que su sección resistente es igual a la efectiva.

Una vez calculada la máxima resistencia a compresión, y al compararla con la máxima sollicitación al mismo esfuerzo, se obtiene un **porcentaje de sobredimensionado de 1173 %**.

Los cálculos para realizar esta verificación se encuentran en el anexo denominado **Memorias de cálculo**.

### 10) Verificación a la combinación de tracción y flexión (CIRSOC 303 – C.5):

Se realiza la verificación en el perfil más sollicitado a tracción y flexión, que es un montante de sección compuesta perteneciente al panel 2.

Para este cálculo se utilizan dos fórmulas distintas, la primera tiene en cuenta la sección bruta del perfil y toma en consideración toda su resistencia a flexión. Además, se suma a esta la relación entre la máxima sollicitación a tracción y la capacidad del perfil de resistir a dicho esfuerzo.

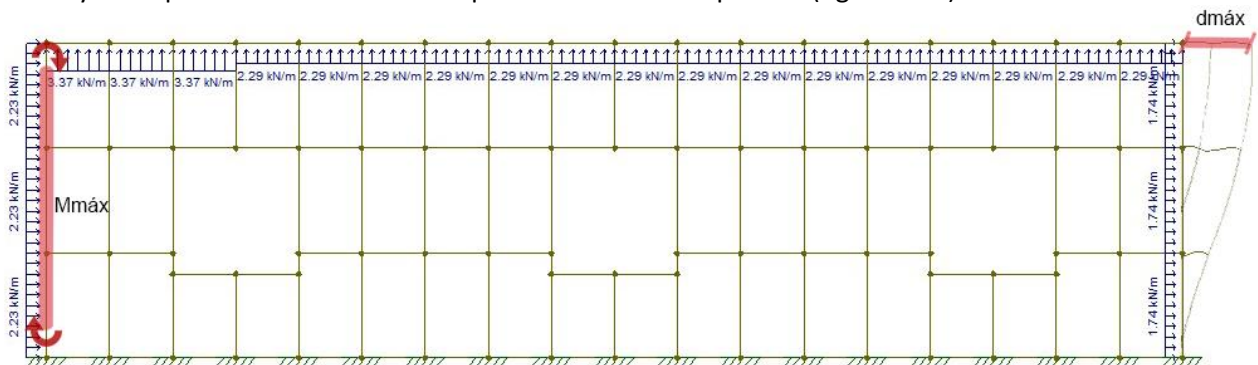
En el caso de la segunda fórmula, esta también se separa en dos partes, siendo la primera la resistencia a flexión del perfil, que en este caso toma en cuenta el área efectiva del mismo, y la verificación a tracción ya mencionada.

Habiendo realizado ambos cálculos, se encuentra que la ecuación que considera la sección efectiva es la que genera un menor **porcentaje de sobredimensionado, que es de 64 %**.

Se encuentran adjuntos los cálculos para esta verificación en el anexo **Memorias de cálculo**.

### 11) Verificación a deformación máxima (CIRSOC 303 – D):

Después de cargar los paneles con la combinación más perjudicial, se encuentra que el mayor desplazamiento lateral es el que se da en el panel 1 (figura 5.13).



**Figura 5.13** Esquema estructural del panel 1 donde se resaltan el perfil más solicitado a flexión y el mayor desplazamiento lateral. (Fuente: Elaboración propia utilizando el programa FTool). Sin escala.

En el caso de esta verificación, se comparan la máxima deformación lateral generada luego de la aplicación de las cargas y la admisible. Al realizar esta comparación se encuentra con un **porcentaje de sobredimensionado de 94 %**.

Los cálculos auxiliares para esta verificación se encuentran en el anexo llamado **Memorias de cálculo**.

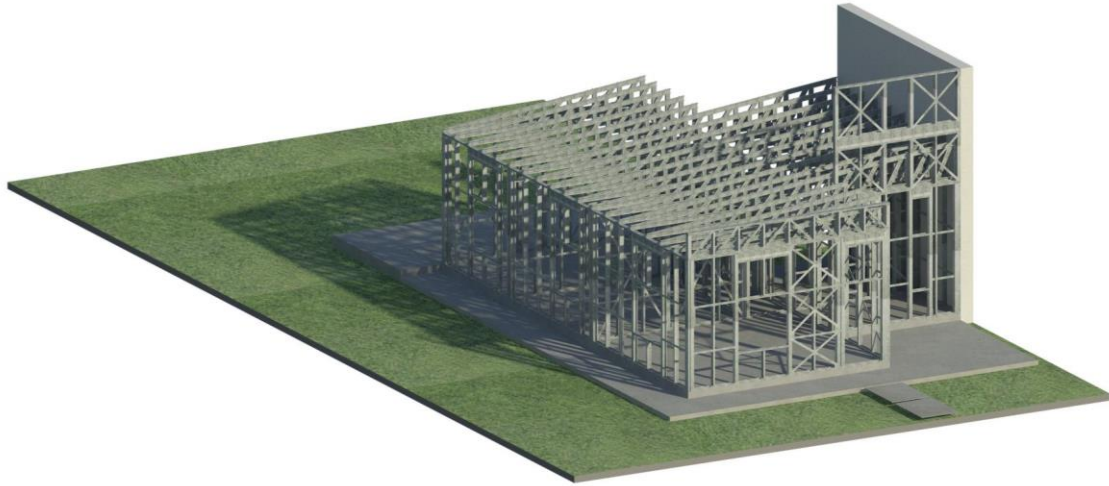
## 5.4 Conclusiones

Luego de haber realizado todas las verificaciones correspondientes, quedan definidas las dimensiones de los perfiles adoptadas en un principio como así también los tornillos para las uniones.

Además, se utiliza el porcentaje de sobredimensionado para poder ver de manera más clara cuales son las solicitaciones a las cuales mejor resiste este sistema estructural, y las que más lo comprometen. Se ve que el steel framing posee una respuesta variada ante distintos esfuerzos, ya que se puede ver que los mismos perfiles generan una resistencia muy elevada a algunas solicitaciones, como a la compresión, mientras que a la acción conjunta entre flexión y corte los coloca en una situación más perjudicial.

Por otro lado, se resalta la importancia de los paneles rigidizantes dispuestos a ambos lados de los montantes y atornillados a sus alas, ya que con estos se logra que en el sistema estructural se solventen las posibilidades del pandeo local en las alas de los perfiles y de flexión sobre el eje de menor inercia (eje y-y).

Por último, se logra ver que no existe un sobredimensionamiento importante, ya que si bien en algunas verificaciones se obtiene un valor elevado, la **menor diferencia entre las resistencias minoradas de la estructura y las solicitaciones mayoradas que debe soportar es de 22%**, que es la que se da en el estudio de **flexión combinada con pandeo local del alma**.



*Figura 5.14* Esquema de los perfiles galvanizados para el prototipo con steel framing. (Fuente: Elaboración propia).  
Sin escala.

## 6. ANÁLISIS HIGROTÉRMICO DE CERRAMIENTOS

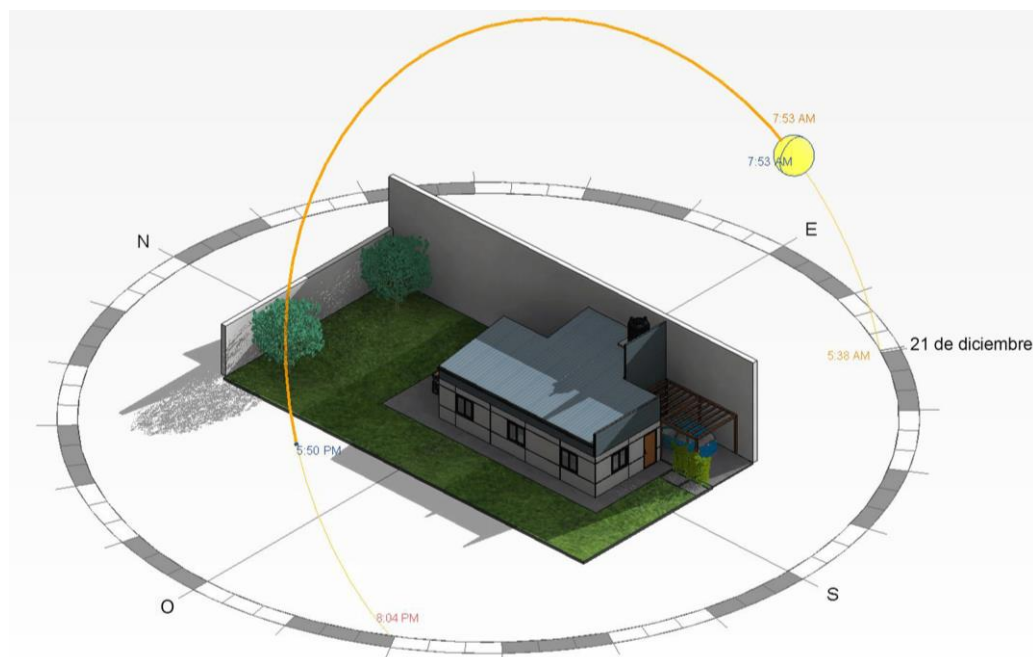
### 6.1 Introducción

El estudio de cerramientos es de vital importancia en lugares donde la transferencia de calor es grande. El confort higrotérmico de los locales está directamente relacionado al coeficiente de transmitancia térmica resultante de la suma de las transmitancias térmicas individuales de todos los elementos que conforman dichos cerramientos. Además, el análisis de confort higrotérmico también comprende cuestiones de humedad relativa, verificando en este proyecto la existencia de condensaciones tanto superficiales como intersticiales de los cerramientos.

El coeficiente de transmitancia térmica es definido como la “cantidad de calor que deja pasar un metro cuadrado de la misma, durante una hora (unidad de tiempo), por cada grado de diferencia de temperatura entre el interior y el exterior” según la norma IRAM 11601/02 y se encuentra regulado por la Norma IRAM 11.605/96 para condiciones de verano e invierno según zona bioclimática. Además, es la norma “Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social” la que establece el nivel mínimo B para viviendas unifamiliares.

En el caso de este proyecto, ubicado en la zona Ib, mencionado en el capítulo 3, se analiza dicho coeficiente en función de las condiciones de verano, pues es la estación más desfavorable para dicha zona.

La normativa diferencia la manera de abordar según sea un cerramiento vertical o una cubierta, teniendo en cuenta la inclinación del sol. Esto genera distintos tiempos de incidencia de radiación solar en ambas superficies: mientras que para la primera este periodo es menor siendo sólo impactado durante pocas horas al día (salida y puesta del sol), el segundo a partir de las componentes verticales de los rayos solares se ve incidido durante aproximadamente toda la jornada.



**Figura 6.1** Esquema de la incidencia de los rayos solares en verano sobre la vivienda tipo. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.

Los valores admisibles de K además, persiguen un razonable consumo energético para climatización por calefacción, refrigeración e iluminación. En la Tabla 6.1 pueden verse dichos valores para condiciones de verano.

*Tabla 6.1 Coeficientes de transmitancia térmica máximos para verano. (Fuente: Norma IRAM 11.605/96).*

Coeficiente de transmitancia térmica para condiciones de verano K (W/m <sup>2</sup> K)		
ZONA BIOANBIENTAL I y II	Cerramiento vertical	Cubierta
NIVEL A (Recomendado)	0,45	0,18
NIVEL B (Medio)	1,10	0,45
NIVEL C (Mínimo)	1,80	0,72

Cabe destacar que en el diseño de los cerramientos se busca además de generar una correcta aislación térmica, impermeabilizar el interior de la vivienda del ingreso de agua, viento y agentes externos.

Este estudio es realizado para ambos sistemas constructivos, para así encontrar los diferentes valores de confort higrotérmico. Finalmente, se verifica la aplicación de los nuevos valores que implementa la normativa en su última actualización del año 2017, correspondientes al nivel medio (B).

## 6.2 Cerramientos verticales

### 6.2.1 Steel framing

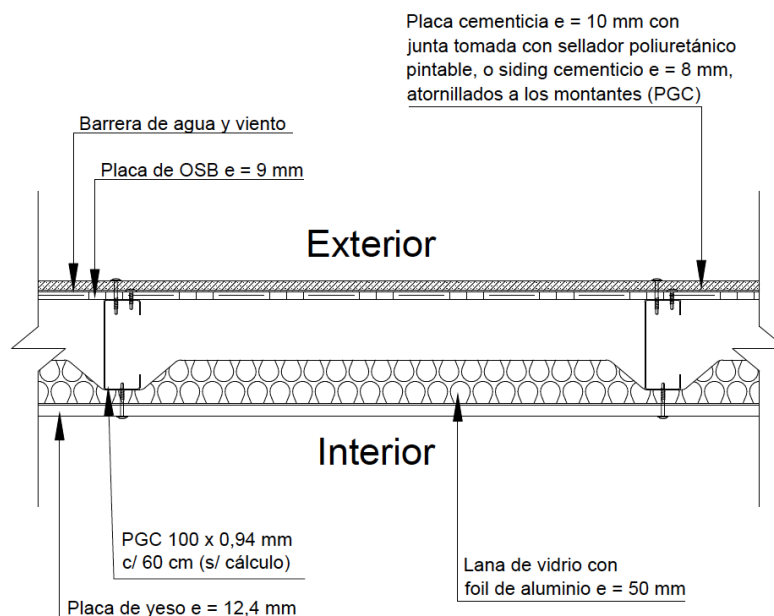
Este sistema constructivo se caracteriza por poseer cerramientos compuestos por un sistema multicapa, denominado así porque se los materializan a través de la disposición continua de distintos elementos unidos entre sí por una serie de tornillos.

Se proyectan cerramientos verticales con:

- Terminación interior: Placas de yeso estándar y resistentes a la humedad, para la cocina y baño, de 1,20 x 2,40 m y un espesor de 12,5 mm. Estas resultan una buena solución para el steel framing, ya que se las puede atornillar a los montantes dispuestos cada 60 cm, y sus medidas, múltiplos del valor anterior, permiten un desperdicio reducido.
- Estructura: Entramado de montantes metálicos separados cada 60 cm unidos con soleras inferiores y superiores, materializados los primeros con perfiles galvanizados C, y los segundos, con perfiles U del mismo material. Además, se disponen de rigidizantes inclinados construidos utilizando flejes galvanizados. Esta estructura (calculada y verificada en el capítulo 5) representa la base del sistema constructivo, y su separación normalizada permite que los demás elementos se atornillen a los perfiles estructurales.
- Aislamiento térmico: Lana de vidrio de 50 mm de espesor con terminación de una capa de aluminio en una de sus caras para cumplir con la función también de barrera de vapor. Sus medidas de 1,20 m de ancho y 11 m de largo le permiten flexibilidad de aplicación y la capacidad de ser moduladas para las separaciones estructurales utilizadas.

- Cámara de aire: Se deja una cámara de aire de 5 cm de espesor entre la lana de vidrio y los perfiles estructurales, ya que esta aislación térmica es suficiente para lograr el confort buscado.
- Placas rigidizantes: Placas de OSB de 9 mm de espesor que cumplen con la función de otorgar resistencia estructural al sistema impidiendo la flexión con respecto al eje de menor inercia de los perfiles galvanizados. Además, sirve como apoyo para las placas exteriores, y sus medidas de 1,22 x 2,44 m le permiten adaptarse a la modulación ocupada sin grandes desperdicios.
- Barrera de agua y viento: Membrana homewrap de 1 m de ancho y 30 m de largo con la capacidad de evitar infiltraciones de aire y agua, mientras mantiene una permeabilidad al vapor para permitir que la pared pueda secarse.
- Placas exteriores: Placas cementicias de 1,20 x 2,40 m y un espesor de 10 mm como terminación en la mayoría de la vivienda, ya que sus medidas se adaptan de manera exacta a la modulación elegida. Además, se utilizaron placas del mismo material denominadas siding, con medidas de 0,2 x 3,6 m y un espesor de 8 mm, las cuales permiten una mayor flexibilidad dimensional en espacios modulados de distinta manera como es el caso de la cochera.

Se decide utilizar este paquete constructivo debido a la posibilidad de acceso a los materiales en Argentina y a la búsqueda de una menor cantidad de desperdicios en función del proyecto base.



**Figura 6.2** Detalle del cerramiento vertical interior-externo del sistema steel framing. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.

### Cálculo del coeficiente de transmitancia térmica (K):

Para obtener este valor se utilizaron los datos de la conductividad térmica de cada uno de los elementos componentes del cerramiento, provistos por la norma IRAM 11.601, y los

espesores de materiales proyectado. Para el cálculo se sigue un procedimiento establecido por la norma nombrada anteriormente que se resume en la siguiente tabla:

*Tabla 6.2 Tabla de cálculo de los coeficientes de transmitancia térmica en un cerramiento vertical de steel framing. (Fuente: Elaboración propia según norma IRAM 11.601).*

**Norma IRAM 11.601: Cálculo de transmitancia térmica**

**CONDICIÓN DE VERANO**

Zona bioambiental:

Ib (Muy cálida húmeda)

Nivel de confort:

Nivel B (Medio)

Flujo de calor:

Horizontal

CAPA	e	$\lambda$	R
UNIDAD	m	$\frac{W}{mK}$	$\frac{m^2 K}{W}$
1. Rcia.sup.interior			0,130
2. Placa interior de yeso	0,0125	0,370	0,034
3. Lana de vidrio	0,0500	0,037	1,351
4. Cámara de aire no ventilada en muros	0,0500	-	0,170
5. Placa de OSB	0,0090	0,056	0,161
6. Placa cementicia exterior	0,0100	0,950	0,011
7. Barrera de agua y viento	0,0010	0,000	0,000
8. Rcia. sup. externa			0,040
TOTAL	0,133		1,896

K DISEÑO VERANO	<b>0,53</b>
-----------------	-------------

Superficie Exterior	Placa cementicia
---------------------	------------------

Coeficiente	0,600
-------------	-------

Incremento	0
------------	---

K máximo según norma IRAM 11.601	1,1	
K de diseño para el verano	0,53	
Resultado	0,53 < 1,1	Verifica

**$K = 0,53 \text{ W/m}^2\text{K} < K_{req} = 1,10 \text{ W/m}^2\text{K} \Rightarrow$  Buenas condiciones**

En comparación con el valor requerido, el valor es menor, por lo que este cerramiento cumple con lo establecido en cuestión de confort térmico.

### Riesgo de condensaciones

También se analiza el riesgo a las condensaciones tanto superficiales como intersticiales del paquete según lo establecido en la norma IRAM 11.625. Los resultados son visibles en la tabla 6.2.

*Tabla 6.3 Cálculo de riesgo de condensaciones para cerramiento vertical de steel framing. (Fuente: Elaboración propia según norma IRAM 11.625).*

### CÁLCULO DE RIESGO DE CONDENSACIONES | NORMA IRAM 11625

#### CONDENSACIONES SUPERFICIALES

$\tau$	$\theta$	T Rocío	$\Delta T$
4,23	13,77	12,20	1,57

#### CÁLCULO DEL RIESGO DE CONDENSACIONES INTERSTICIALES

CAPA	e	$\lambda$	R	T	$\delta$	Rv	HR	Pv	TR	$\Delta T$
UNIDAD	m	$\frac{W}{mK}$	$\frac{mK}{W}$	°C	$\frac{g}{m^2hPa}$	$\frac{mhPa}{g}$	%	KPa	°C	°C
AIRE INTERIOR				18,00			78	1,420	12,20	5,80
1. Rcia.sup.interior			0,130	14,76				1,420	12,20	2,56
2. Placa interior de yeso	0,0125	0,370	0,034	13,92	0,050	0,250		1,418	12,10	1,82
3. Hoja de aluminio	0,0000	-	0,000	13,92	0,000	89,286		0,563	-1,00	14,92
3. Lana de vidrio	0,0500	-	0,170	9,69	0,5	0,1		0,562	-1,00	10,69
4. Cámara de aire no ventilada en muros	0,0500	-	0,170	5,46	0,000	0,000		0,562	-1,00	6,46
5. Placa de OSB	0,0090	0,056	0,161	1,46	0,043	0,209		0,560	-1,00	2,46
6. Placa cementicia exterior	0,0100	0,950	0,011	1,20	0,010	1,000		0,550	-1,20	2,40
7. Barrera de agua y viento	0,0010	0,000	0,000	1,20	58,000	0,000		0,550	-1,20	2,40
5. Rcia. sup. externa			0,040							
AIRE EXTERIOR				0,20			90	0,550	-1,20	1,40
TOTAL	0,133		0,715	DT= 17,800		90,845		DPV= 0,870		

Como todos los  $\Delta T > 0$ , no existen riegos de condensaciones intersticiales.

### Puentes térmicos

Otro factor que se debe tener en cuenta a la hora de analizar la aislación térmica de los edificios además de los espesores de las capas de aislación es el control de pérdidas o ganancias producidas por puentes térmicos.

Se denomina puente térmico a los puntos de la envolvente donde se interrumpe la continuidad de la aislación térmica generando transmitancia térmica no deseada. Algunos ejemplos típicos son los marcos de las ventanas si son de hierro o aluminio sin ruptura de puente térmico, vidrios crudos, losas y columnas de hormigón armado a la vista en contacto con el exterior, entre otros.

La norma IRAM 11.605 establece que la transmitancia térmica correspondiente a un puente térmico  $K_{pt}$  no debe superar en 35% el valor de la transmitancia térmica del muro opaco  $K_{mo}$ . Esta restricción lleva al cálculo del coeficiente para puntos singulares del cerramiento en el que podría estar fluctuando el calor indeseablemente.

$$\frac{k_{pt}}{k_{mo}} \leq 1,35$$

En el caso del sistema steel framing, se analiza el nombrado coeficiente en los puntos donde se encuentran los montantes de la estructura del cerramiento dado que éstos son perfiles metálicos, material caracterizado por su alta conductividad térmica.



**Figura 6.3** Vista con una cámara termográfica de los puentes térmicos en steel framing. Fuente: Acedur. Sin escala.

**Tabla 6.4:** Cálculo de transmitancia térmica de puente térmico en steel framing.

(Fuente: Elaboración propia según norma IRAM 11.601)

#### **Norma IRAM 11.601: Cálculo de transmitancia térmica**

##### **CONDICIÓN DE VERANO**

Zona bioambiental:

Ib (Muy cálida húmeda)

Nivel de confort:  
Flujo de calor:

Nivel B (Medio)  
Horizontal

CAPA	e	$\lambda$	R
UNIDAD	m	$\frac{W}{mK}$	$\frac{m^2K}{W}$
1. Rcia.sup.interior			0,130
2. Placa interior de yeso	0,0125	0,370	0,034
3. Lana de vidrio	0,0170	0,037	0,459
3. PGC 100 x 0,94 mm	0,1000	46,500	0,002
5. Placa de OSB	0,0090	0,056	0,161
6. Placa cementicia exterior	0,0100	0,950	0,011
7. Barrera de agua y viento	0,0010	0,000	0,000
8. Rcia. sup. Externa			0,040
TOTAL	0,150		0,837

K DISEÑO VERANO	<b>1,20</b>
-----------------	-------------

Superficie Exterior	Placa cementicia
---------------------	------------------

Coefficiente	0,600
--------------	-------

Incremento	0
------------	---

K máximo según norma IRAM 11.601	1,1	
K de diseño para el verano	1,20	
Resultado	1,20 > 1,10	<b>No verifica</b>

Resumiendo:

$$K_{pt} = 1,20$$

$$K_{mo} = 0,53$$

$$\frac{k_{pt}}{k_{mo}} = \frac{1,20}{0,53} = 2,26 > 1,35$$

Como puede verse en la tabla 6.4, el cerramiento de perfilería metálica en las verticales donde se encuentra el montante no verifica el nivel de confort B, exigido por la normativa. Además tampoco cumple la condición requerida por la norma IRAM 11.605.

Si bien este es uno de los principales inconvenientes del sistema constructivo existen soluciones en las cuales se coloca una segunda aislación térmica exterior, como por ejemplo el EIFS. Sin embargo, para este prototipo, este tipo de revestimiento compuesto no resulta muy económico tratándose de una vivienda de tipo social.

## 6.2.2 Sistema húmedo con mampuestos

### Mampostería

La vivienda con el método constructivo tradicional se proyecta con mampostería de elevación de ladrillos cerámicos huecos de 18 x 18 x 25 cm para muros exteriores y 12 x 18 x 25 cm para interiores.

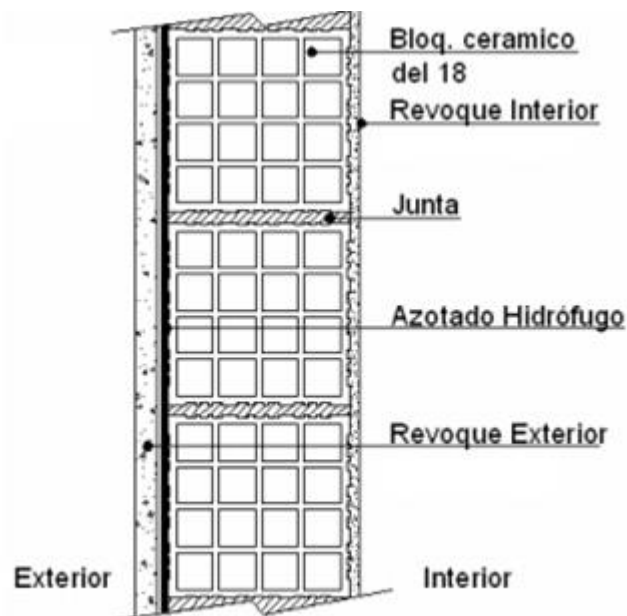
Dichos elementos se asientan con un mortero MCA de 2cm de espesor compuesto de 1/4 parte de cemento, 1 parte de cal hidráulica y 3 partes de arena gruesa.

En cuanto a la terminación de muros se prevé para exteriores un revoque completo incluyendo:

- Azotado impermeable MCI (1 : 3 + 10%hidrófugo) 3mm
- Jaharro MCA (1 : ¼ : 3) 15mm
- Enlucido (1 : 1/8 : 3) 3mm

Mientras que el revoque interior de los mismos cuenta solo con jaharro y enlucido con iguales proporciones a las mencionadas anteriormente.

El detalle del paquete completo puede verse en la figura 6.3.



*Figura 6.4 Detalle de cerramiento vertical exterior-interior de mampostería. (Fuente: INTI construcciones). Sin escala.*

En locales húmedos se proyecta revestimiento cerámico el cual se une mediante una mezcla adhesiva impermeable al revoque que queda por debajo integrado por azotado y jaharro.

Por otro lado, la pared medianera es de 30cm, correspondiendo 15cm a cada vivienda apareada en la cual se utilizan ladrillos comunes de 12cm de ancho.

### Capa aisladora horizontal y vertical

Se plantea una capa aisladora doble horizontal y vertical tipo cerrada plasmada de forma continua en todas las paredes y vinculada con el azotado hidrófugo de los paramentos exteriores.

La misma consiste en una mezcla hidrófuga de 15mm de espesor conformada por una parte de cemento portland, tres partes de agregado fino y 10% de pasta hidrófuga disuelta en el agua partícipe de la mezcla.

La cara superior de la capa aisladora se encuentra por encima del nivel de piso terminado como así también por encima del zócalo para así evitar filtraciones y humedades.

Para el endurecimiento del mortero de cemento se pinta la misma con una pintura de base asfáltica y posteriormente un barrido de arena. El cumplimiento de lo antes mencionado evitará futuros problemas de humedades en las viviendas.

### Coefficiente de transmitancia térmica (K):

De igual manera que para el sistema constructivo steel framing, se calcula el coeficiente de transmitancia térmica para el cerramiento mediante mampuestos, expuestos en la siguiente tabla.

*Tabla 6.4 Tabla de cálculo de los coeficientes de transmitancia térmica para los componentes de un cerramiento vertical de mampostería. (Fuente: Normas IRAM 11.601).*

#### Norma IRAM 11.601: Cálculo de transmitancia térmica CONDICIÓN DE VERANO

Zona bioambiental:

Ib (Muy cálida húmeda)

Nivel de confort:

Nivel B (Medio)

Flujo de calor:

Horizontal

CAPA	e	$\lambda$	R
UNIDAD	m	$\frac{W}{mK}$	$\frac{m^2K}{W}$
1. Rcia.sup.interior			0,130
2. Revoque interior	0,0180	0,930	0,019
3. Ladrillo cerámico hueco 18			0,410
5. Revoque exterior	0,0210	1,160	0,018
6. Rcia. sup. externa			0,040
TOTAL	0,039		0,617

K DISEÑO VERANO	<b>1,62</b>
Superficie Exterior	Castaño claro
Coefficiente	0,350
Incremento	0,22

K máximo según norma IRAM 11.601	1,32
----------------------------------	------

K de diseño para el verano	1,62	
Resultado	1,62 > 1,32	no verifica

$K = 1,62 \text{ W/m}^2\text{K} > K_{req} = 1,10 \text{ W/m}^2\text{K} \Rightarrow$  **Malas condiciones**

Dicho valor no obedece al valor propuesto por la nueva normativa de Estándares Mínimos para viviendas de interés social mencionado al inicio del capítulo no llegando al confort higrotérmico requerido por la misma que es el medio pero si verifica el confort higrotérmico mínimo que indica la norma IRAM 11.605.

### Riesgo de condensaciones

De igual manera que para steel framing, se analiza el riesgo a las condensaciones de los componentes del muro vertical de mampostería estando los resultados vertidos en la tabla 6.4. Cabe destacar que se consideran las paredes, tanto interiores como exteriores, pintadas con pintura látex.

*Tabla 6.5 Cálculo de riesgo de condensaciones en muro vertical con sistema tradicional según norma IRAM 11.625*

### CÁLCULO DE RIESGO DE CONDENSACIONES | NORMA IRAM 11625

#### CONDENSACIONES SUPERFICIALES

$\tau$	$\theta$	T Rocío	$\Delta T$
3,93	14,07	12,20	<b>1,87</b>

#### CÁLCULO DEL RIESGO DE CONDENSACIONES INTERSTICIALES

CAPA	e	$\lambda$	R	T	$\delta$	Rv	HR	Pv	TR	$\Delta T$
UNIDAD	m	$\frac{W}{mK}$	$\frac{mK}{W}$	°C	g mhkPa	$\frac{mhPa}{g}$	%	KPa	°C	°C
AIRE INTERIOR				18,00			78	1,420	12,20	5,80
1. Rcia.sup.interior			0,130	15,00				1,420	12,20	2,80
2. Pintura látex		1,000	0,000	15,00		0,885		1,214	9,80	5,20
3. Revoque interior	0,0180	0,930	0,019	14,55	0,044	0,409		1,119	8,60	5,95
4. Ladrillo cerámico hueco 18x18x25	0,1800		0,410	5,08	0,130	1,385		0,797	3,70	1,38
5. Revoque impermeable	0,0030	-	0,170	1,16	0,022	0,136		0,765	3,10	-1,94
6. Revoque exterior	0,0018	1,160	0,002	1,12	0,044	0,041		0,756	3,00	-1,88
7. Pintura látex		1,000	0,000	1,12	0,010	0,885		0,550	-1,20	2,32
5. Rcia. sup. externa			0,040							
AIRE EXTERIOR				0,20			90	0,550	-1,20	1,40
TOTAL	0,203		0,771	DT= 17,800		3,741		DPV= 0,870		

No todos los  $\Delta T > 0$ , ello implica el posible riesgo de condensaciones intersticiales.

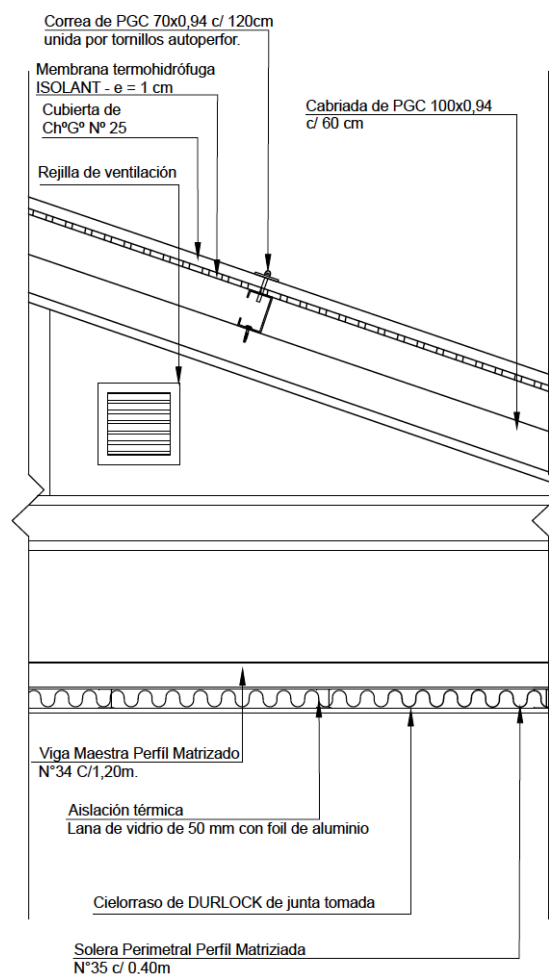
### 6.3 Cubiertas

Así como se analiza la transferencia de calor de forma horizontal, también se lo hace verticalmente en la cubierta.

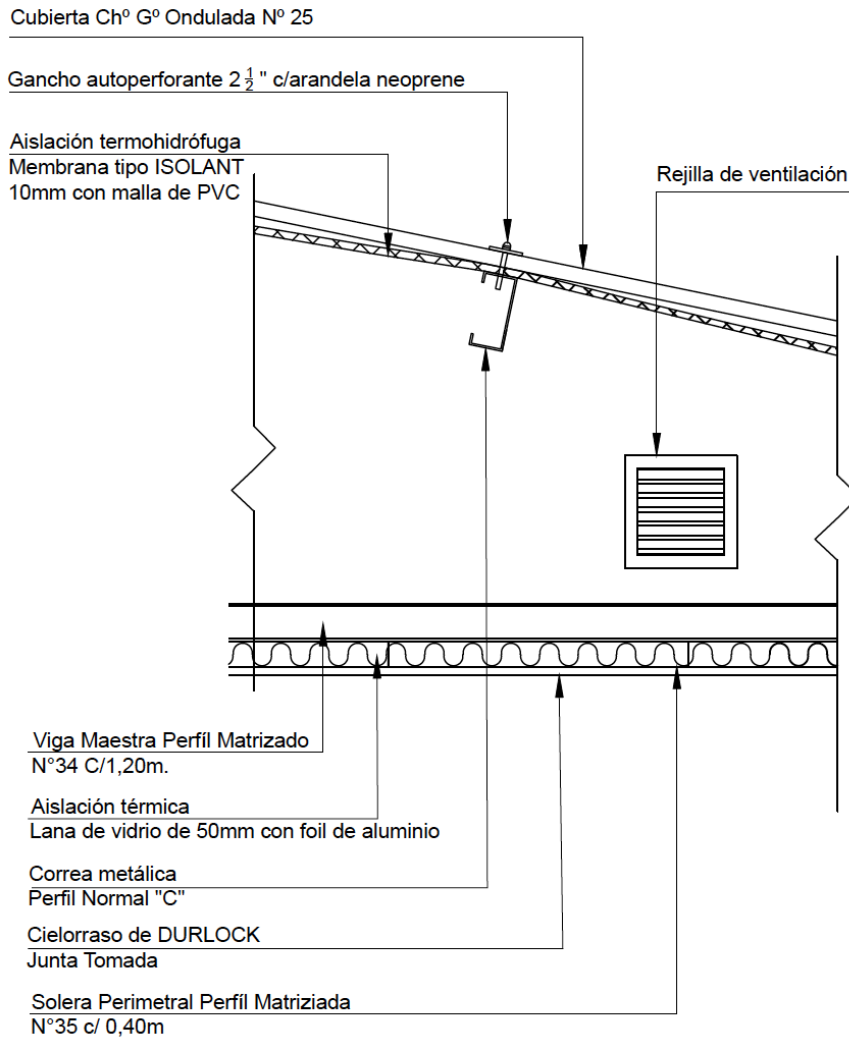
En ambos casos se consideran cubiertas metálicas de chapa galvanizada ondulada Nº25 soportada por una estructura metálica. En el caso de perfilería metálica se proyectan cabriadas compuestas por perfiles galvanizados mientras que para la construcción tradicional se utilizan solo correas metálicas conformadas en caliente. Solo en ello reside la diferencia en el diseño de ambos sistemas.

Ambas cubiertas poseen las debidas aislaciones:

- Aislamiento térmico: Lana de vidrio de 50 mm de espesor con terminación de una capa de aluminio en una de sus caras para cumplir con la función también de barrera de vapor dispuesta sobre el cielorraso.
- Cámara de aire: permite la circulación del aire entre el cielorraso y cubierta. Se genera una ventilación cruzada con la colocación de rejillas en paredes opuestas.
- Aislamiento termohidrófugo: se coloca una membrana termohidrófuga tipo ISOLANT de 10 mm de espesor entre las correas que componen la estructura del techo y la cubierta, soportada por una malla de PVC.



*Figura 6.5* Esquema de la composición de la cubierta para el prototipo materializado con steel framing. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.



**Figura 6.6** Esquema de la composición de la cubierta para el prototipo materializado con el sistema tradicional. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.

**Coefficiente de transmitancia térmica (K):**

De igual manera que para el movimiento horizontal, se calcula el coeficiente de transmitancia térmica para la cubierta donde el flujo de calor es en este caso vertical. Este cálculo se ve reflejado en la siguiente tabla.

**Tabla 6.6** Tabla de cálculo del coeficiente de transmitancia térmica para la cubierta. (Fuente: Norma IRAM 11.601).

**Norma IRAM 11.601: Cálculo de transmitancia térmica**

**CONDICIÓN DE VERANO**

Zona bioambiental:

Ib (Muy cálida húmeda)

Nivel de confort:

Nivel B (Medio)

Flujo de calor:

Vertical

CAPA	e	$\lambda$	R
UNIDAD	m	$\frac{W}{mK}$	$\frac{m^2K}{W}$
1. Rcia.sup.interior			0,100
2. Placa interior de yeso	0,0125	0,370	0,034
3. Lana de vidrio	0,0500	0,037	1,351
4. Cámara de aire ventilada	0,4000	-	0,210
5. Membrana aislante termohidrófuga	0,0100	0,500	0,020
6. Chapa galvanizada Nº 25	0,0005	58,000	0,000
7. Rcia. sup. externa			0,040
TOTAL	0,474		1,755

K DISEÑO VERANO	<b>0,57</b>
-----------------	-------------

Superficie Exterior	Chapa galvanizada
---------------------	-------------------

Coefficiente	0,500
--------------	-------

Incremento	30%
------------	-----

K máximo según norma IRAM 11.601	0,585	
K de diseño para el verano	0,57	
Resultado	0,57 < 0,585	Verifica

$$K = 0,57 \text{ W/m}^2\text{K} < K_{\text{req}} = 0,585 \text{ W/m}^2\text{K} \Rightarrow \text{Buenas condiciones}$$

En comparación con el valor requerido, el valor es menor, por lo que esta cubierta cumple con lo establecido en cuestión de confort térmico.

## 7. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS: RAPIDEZ DE EJECUCIÓN, SOSTENIBILIDAD Y MANTENIMIENTO

### 7.1 Rapidez de ejecución

Se realiza un estudio en base a los distintos rubros requeridos para materializar una vivienda en ambos sistemas constructivos y cuánto tiempo demanda cada uno de ellos, para así poder determinar el tiempo total de terminación de la obra. Para el cómputo de los distintos tiempos que requiere cada actividad, se toman como base los datos provistos por el libro “Cómputo y presupuesto” del Ing. Mario E. Chandías y, para el caso del sistema steel framing, los tiempos promedio establecidos por empresas que construyen con este sistema.

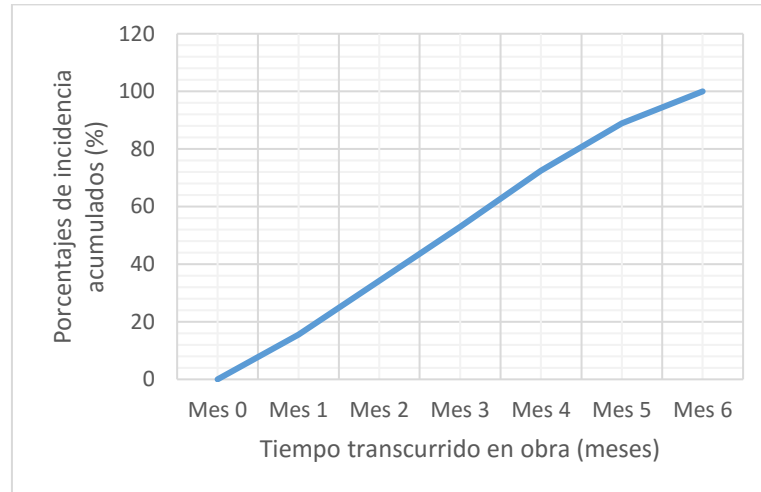
Se efectúa el análisis de periodos de ejecución para un conjunto de viviendas igual a la mitad de las existentes en una manzana, para así poder utilizar la mitad restante de la misma como obrador y establecer un lugar para el acopio de los materiales de la construcción. Además, este estudio de un conjunto permite eliminar los tiempos muertos que se pueden generar, como lo es por ejemplo el tiempo de fraguado de una platea, ya que los mismos trabajadores que realizan una labor para una vivienda después se desplazan a la siguiente para repetirlo y entonces se encuentran siempre ocupados, optimizando su tiempo. Por otro lado, realizar la construcción dejando media manzana libre posibilita la ubicación en el terreno restante de una reserva municipal o un centro de actividades comunitarias para el barrio, si así lo dispone la municipalidad.

Teniendo en cuenta lo establecido anteriormente, se toma como base al análisis del tiempo de ejecución un conjunto de 10 viviendas, ya que estas representan la mayor cantidad de lotes en media manzana en el barrio planteado, por lo que con la misma cantidad de trabajadores esta toma valores mayores de tiempo, siendo así la peor condición.

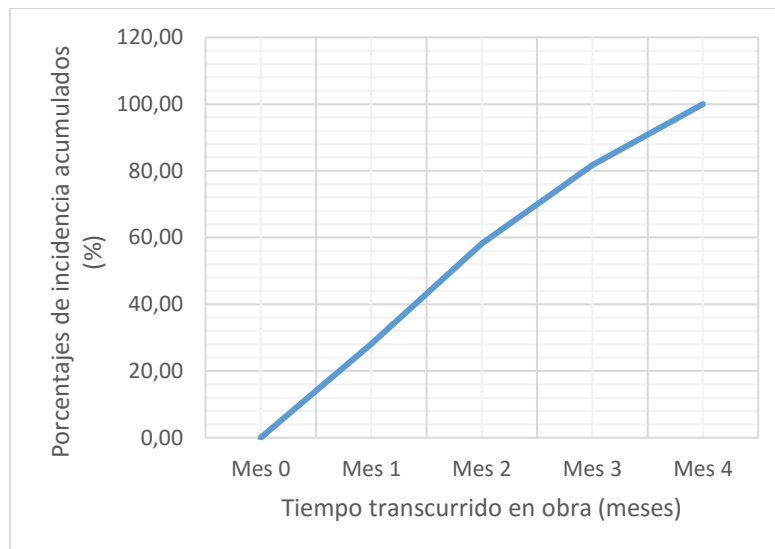
Para el caso de viviendas construidas con steel framing, el tiempo obtenido en el análisis es de 4 meses para la finalización del conjunto de viviendas, mientras que para el sistema húmedo, es de 6. Por lo que se ve una disminución de 33 % en estos periodos, valor similar al establecido por INCOSE que habla de una disminución de los tiempos de obra de entre un 30 y 60 %.

Se realiza con el programa Microsoft Project el estudio de cada uno de los rubros para así buscar cual es la disposición óptima de los mismos, y con la realización de una curva de inversión para ambos sistemas, que poseen una inclinación similar a la óptima (de 45°), se confirma la optimización de la distribución de las tareas durante el tiempo de ejecución de la obra. Las mencionadas curvas de inversión se realizan teniendo en cuenta el porcentaje de incidencia del costo-costo de cada uno de los rubros en cada mes de construcción, buscando una distribución uniforme de tareas y de los montos necesarios para realizarlas.

Se adjuntan en el anexo de planillas las utilizadas para la construcción de las curvas de inversión para ambos sistemas constructivos.



**Figura 7.1** Curva de inversión para el prototipo de vivienda construido con el sistema húmedo. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.



**Figura 7.2** Curva de inversión para el prototipo de vivienda construido con steel framing. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.

## 7.2 Sostenibilidad

La llamada construcción sostenible tiene como uno de sus objetivos minimizar el uso de los recursos y promover la utilización de técnicas constructivas innovadoras con materiales de bajo impacto en el ambiente y que reduzcan la demanda energética y de recursos durante el uso. Esta estrategia está orientada principalmente a:

En el diseño bioclimático y sostenible uno de los criterios ineludibles es la adecuación al clima y el aislamiento térmico.

Si bien en el capítulo 6 se analizan los cerramientos propuestos con los dos métodos constructivos verificando las condiciones de confort en relación a la ciudad de Corrientes, en el presente capítulo se citan otras maneras de considerar la sostenibilidad en la construcción.

### Ventilación cruzada

La ventilación de los edificios consiste en reemplazar gradualmente el aire contaminado de un ambiente interior por aire exterior. La importancia de ésta radica en poder lograr el confort higrotérmico de los ocupantes, evitando humedades excesivas, calor, frío y acumulación de sustancias nocivas.

Una de las medidas sostenibles aplicadas en la vivienda prototipo es la ventilación cruzada siendo el viento un recurso natural y renovable.

La ventilación cruzada se produce mediante dos aberturas colocadas estratégicamente en paredes opuestas o adyacentes, lo que permite la entrada y salida del aire de manera natural. Esta corriente generada permite cambios constantes de aire dentro del edificio, renovándolo y modificando así la temperatura y humedad interna.

En la figura 7.3 puede observarse la disposición de las ventanas en planta que generan la mencionada ventilación cruzada.



**Figura 7.3:** Ventilación cruzada en la vivienda tipo. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.

## Ahorro energético

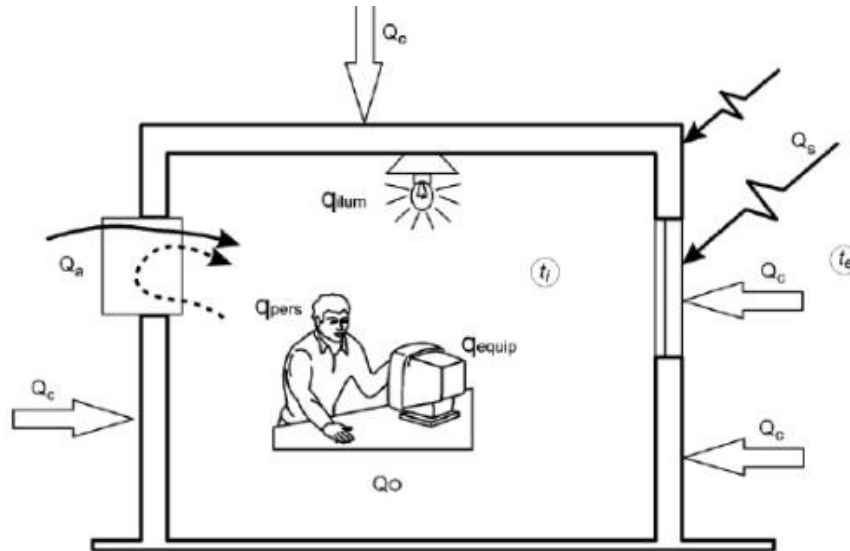
La aislación térmica de los edificios depende no solamente de los espesores de las capas de aislación sino también del control de pérdidas producidas por puentes térmicos, infiltraciones y de la superficie y calidad de las aberturas.

Es por ello que se realiza un análisis térmico de la vivienda de manera global para ambos sistemas siguiendo el procedimiento establecido en la norma IRAM 11.659-2.

La mencionada normativa establece que la evaluación de un edificio o local se realiza en función de un coeficiente llamado coeficiente volumétrico de refrigeración  $G_R$ . A efectos de cumplir con el ahorro energético requerido, a este valor calculado se lo compara con el valor máximo admisible indicado en dicha norma para una condición media de confort.

Para obtener el coeficiente  $G_R$ , es necesario en primer lugar estimar la carga térmica total de refrigeración del edificio  $Q_R$  la cual se define como “cantidad de calor que el equipo de aire acondicionado deberá extraer del edificio para mantener las condiciones de confort interiores”. Este valor, y por consiguiente  $G_R$ , tienen en cuenta:

- Carga térmica por conducción  $Q_c$ : Considera la transmitancia térmica del cerramiento  $K$  en toda la superficie diferenciando cerramientos interiores de exteriores. En caso de muros, descontar los vacíos por carpinterías. En caso de carpinterías, se considera la superficie del vano que ocupan. Asimismo, se clasifica cada cerramiento vertical, sea opaco o no opaco, según su orientación, pudiéndose agrupar en un ítem los de la misma orientación y transmitancia térmica  $K$ .
- Carga térmica por radiación solar  $Q_s$ : Esta ganancia se produce sólo a través del pasaje de radiación solar por una superficie vidriada. Estas superficies son afectadas por dos factores: uno que considera la radiación solar, variante a cada hora del día y a lo largo del año y otro que tiene presente la exposición solar de las carpinterías, equivalente al coeficiente de sombra.  
Para el cálculo se toma la situación más desfavorable, con la mayor cantidad de superficie vidriada orientadas al oeste, teniendo en consideración que la mayor radiación solar se da a las 16hs para la orientación mencionada. En cuanto a la exposición de las carpinterías, la vivienda prototipo propone carpinterías con vidrio incoloro de 4mm sin persianas salvo para las expuestas al oeste que cuentan con parasoles horizontales exteriores color medio.
- Carga térmica por fuentes internas  $Q_o$ : Considera las ganancias por calor sensible y calor latente provenientes de los habitantes de la vivienda y de la actividad que realizan, de las fuentes de iluminación artificial que existen en ella y de los artefactos que funcionan dentro del edificio como heladera y televisor.
- Carga térmica por ventilación  $Q_A$ : Al ventilar naturalmente una parte o la totalidad del aire interior, se introduce al ambiente interior una cantidad de aire nuevo que implica una masa de aire caliente y húmeda que el equipo de aire debe acondicionar. Esa cantidad de aire estará en función de los requerimientos del local, los que a su vez están condicionados la cantidad de personas y el destino del local. El presente caso se trata de una vivienda.



**Figura 7.4:** Cargas térmicas involucradas para el análisis de la carga térmica total de refrigeración de la vivienda tipo. (Fuente: Norma IRAM 11.659-2). Sin escala.

Todo el procedimiento de cálculo que obedece a la mencionada norma se encuentra resumido en una planilla Excel realizada por las arquitectas Tatiana Yakimchuk y Herminia María Alías como trabajo de investigación para la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste. La misma se encuentra disponible para ser descargada de internet.

Las tablas completas se encuentran en el apartado de planillas del anexo, mientras que los resultados más relevantes se sintetizan en la tabla 7.1.

**Tabla 7.1:** Síntesis planilla de ahorro energético de refrigeración según norma IRAM 11.659-2

Síntesis Planilla de ahorro energético de refrigeración según norma IRAM 11.659-2				
Parámetros de refrigeración	Sistema constructivo			
	Construcción húmeda		Steel framing	
Carga térmica de refrigeración QR	W	%	W	%
Carga térmica por conducción ( $Q_c$ )	2.772,89	46,82	1.627,16	34,06
Carga térmica por radiación solar ( $Q_s$ )	1.262,52	21,32	1.262,52	26,43
Carga térmica por fuentes internas ( $Q_o$ )	1.588,40	26,82	1.588,40	33,25
Carga térmica por ventilación ( $Q_a$ )	299,10	5,05	299,10	6,26
<b>TOTAL QR</b>	<b>5.922,90</b>		<b>4.777,18</b>	
QR admisible (W)	4.903,12			
Volumen a refrigerar (m3)	167,51			
Coefficiente global de refrigeración (W/m3)	35,36		28,52	
GR admisible (W/m3)	29,5			
<b>Condición final de refrigeración respecto al consumo energético</b>	<b>No cumple con la normativa</b>		<b>Cumple con la normativa</b>	

Cabe destacar que para el análisis de cerramientos con perfilera metálica se tuvieron en cuenta los puentes térmicos. Si bien, como se menciona en el capítulo 6, el puente térmico en sí no cumple con la transmitancia térmica requerida, en el análisis global de la vivienda no incide para que el conjunto si lo haga. Esto puede deberse a que la superficie que representan los montantes metálicos con respecto a la superficie total del edificio prototipo es de 0,28 %.

Los valores máximos admisibles limitan las ganancias de calor por unidad de volumen del edificio o local refrigerado para mantener un determinado nivel de ahorro y uso racional de energía. Como se puede observar en la tabla 7.1, el coeficiente QR es mayor para la obra con construcción húmeda que para la materializada con steel framing.

Se realiza el análisis para la vivienda propuesta construida con el sistema convencional de la zona, considerando el consumo de todos los artefactos eléctricos utilizados para la vivienda en un día de verano por bimestre, afectados por el tiempo en que éstos son empleados. Los consumos tomados fueron los indicados por la Dirección Provincial de Energía de Corrientes.

En cuanto al análisis de consumo de aires acondicionados, como el funcionamiento de estos equipos tiene dos etapas, una crítica en donde trabaja el motor y otra normal donde se apaga el mismo, y solo trabajan los demás componentes, se supone que el aparato funciona 60% del tiempo total que se encuentre encendido. De esta manera, en la tabla 7.2 se puede observar la incidencia que tiene cada uno de los artefactos en una factura de electricidad para el prototipo con sistema húmedo.

**Tabla 7.2** Incidencia de los artefactos eléctricos en el consumo bimestral para el prototipo realizado con el sistema húmedo. (Fuente: Dirección Provincial de Energía de Corrientes).

Artefacto	Cantidad	Consumo bimestral por artefacto	Consumo bimestral TOTAL	
		KWh	KWh	%
Aire Acondicionado 3.000 fg	1	457,92	457,92	70,36
Aire Acondicionado 2.000 fg	1	323,14	323,14	
Lámparas fluorescentes 25 W	10	5,76	57,60	5,19
Ventilador chico	1	51,00	51,00	4,59
Heladera	1	166,50	166,50	15,00
Televisor	1	54,00	54,00	4,86
TOTAL			1.110,16	

A través de esta tabla se puede ver que el mayor consumo se da en equipos de refrigeración, posicionando a este ítem como el factor que mayor gasto energético produce.

De la misma manera, se realiza el análisis de la vivienda construida con steel framing estando los valores obtenidos resumidos en la tabla 7.3 .

**Tabla 7.3** Incidencia de los artefactos eléctricos en el consumo bimestral para el prototipo realizado con el steel framing. (Fuente: Dirección Provincial de Energía de Corrientes (DPEC)).

Artefacto	Cantidad	Consumo bimestral por artefacto	Consumo bimestral TOTAL	
		KWh	KWh	%
Aire Acondicionado 3.000 fg	0	457,92	0,00	58,21
Aire Acondicionado 2.000 fg	2	323,14	646,27	
Lámparas fluorescentes 25 W	10	5,76	57,60	5,19
Ventilador chico	1	51,00	51,00	4,59
Heladera	1	166,50	166,50	15,00
Televisor	1	54,00	54,00	4,86
		TOTAL	975,37	

Al utilizarse los mismos artefactos y carpinterías en ambas propuestas, salvo los equipos de refrigeración en función del QR de cada prototipo, se demuestra la importancia que tiene la envolvente del edificio para el acondicionamiento térmico.

Cabe destacar que la propuesta de la vivienda con mampuestos demanda el uso de equipos de refrigeración de mayor potencia, lo que recae en un mayor gasto mensual para acondicionamiento térmico. Asimismo, el valor de los equipos de aire acondicionados es directamente proporcional a la potencia de los mismos, recayendo en una inversión inicial también mayor para la vivienda tradicional.

### Estacionamiento permeable

Con el objetivo de reducir lo menos posible el área verde se propone en el estacionamiento un piso de adoquines de hormigón que forman una grilla, permitiendo el crecimiento de césped entre ellos. Esta solución favorece a la generación de una mayor superficie de infiltración.



**Figura 7.5:** Piso de adoquines permeables para estacionamiento. (Fuente: INOVAR). Sin escala.

### Energías renovables

- **Energía solar térmica (calentador solar)**

Es posible el aprovechamiento de energías renovables como lo es la energía radiante del sol. Mediante un colector solar se puede calentar un fluido para utilizarlo en las aplicaciones domiciliarias como agua caliente.

Como beneficios de utilizar un calentador solar se pueden destacar:

- Ahorro económico: La energía que alimenta el calentador es gratuita, pues proviene de la luz solar. Esto permite un ahorro de un 30% aproximadamente del total de su agua alcanza temperaturas entre 70 y 100 grados centígrados.
- Si el día está nublado, mantiene la temperatura del agua caliente hasta por 72 horas. Después de eso, con dos horas de sol el agua almacenada recupera la temperatura.
- El equipo tiene una resistencia eléctrica que se activa en caso de que el equipo no capte radiación solar ya sea por excesiva cantidad de nubes o por lluvias.
- Amigable con el medio ambiente al no producir dióxido de carbono.

Para conocer en primera instancia la conveniencia de la implementación de un calentador solar en la región se calcula un factor denominado Índice Solar (IS). Si éste es mayor a 5 se considera que la utilización de una instalación solar térmica es apta para la zona.

Para estimar el IS propio del lugar donde se vaya a ubicar la instalación, se suman los valores parciales correspondientes a cada una de las cuatro entradas de la tabla 7.4.

*Tabla 7.4 Tabla para el cálculo del índice solar (IS). (Fuente: "Dimensionamiento de una Instalación de A.C.S". – Universidad Tecnológica Nacional (UTN)).*

<b>Tipo de viento predominante en la zona</b>	<i>Fuerte</i>	<i>Moderado</i>	<i>Flojo</i>	<i>Despreciable o nulo</i>
<i>Valor parcial</i>	<b>0</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>1,5</b>

<b>Soleamiento anual medio</b>	<i>Muy escaso (Abundantes lluvias y mucha nubosidad)</i>	<i>Bastante nubosidad</i>	<i>Nubosidad media o variable</i>	<i>Escasez de nubes</i>	<i>Cielos despejados</i>
<i>Valor parcial</i>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>12</b>

<b>Temperatura ambiente media</b>	<i>Muy fría</i>	<i>Fría</i>	<i>Media (templada)</i>	<i>Calurosa</i>	<i>Muy calurosa</i>
<i>Valor parcial</i>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1,5</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

<b>Temperatura media del agua de la red general</b>	<i>Fría</i>	<i>Normal</i>	<i>Templada</i>
<i>Valor parcial</i>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

Para Corrientes, se consideraron los siguientes valores:

- Tipo de viento predominante en la zona: Flojo – Valor parcial: 1

En función de la velocidad básica del viento obtenida del reglamento CIRSOC 102, la cual es de 46 m/s, se clasifica al viento según la escala de Beaufort como viento flojo.

- Soleamiento anual medio: Nubosidad media o variable – Valor parcial: 4

Basado en la carta de irradiación solar anual colectada por planos inclinados un ángulo óptimo publicado en el artículo “Trazado de nuevas cartas de irradiación solar global para Argentina a partir de horas de brillo solar (Heliofanía)” por Raúl Righini y Hugo Grossi Gallegos de la Universidad Nacional de Luján.

- Temperatura ambiente media: Calurosa – Valor parcial: 2

Si bien en la norma IRAM 11.603 se establece que la zona corresponde a una muy cálida, la tabla utilizada para el cálculo del IS especifica que la clasificación muy calurosa corresponde a climas desérticos con temperaturas extremas.

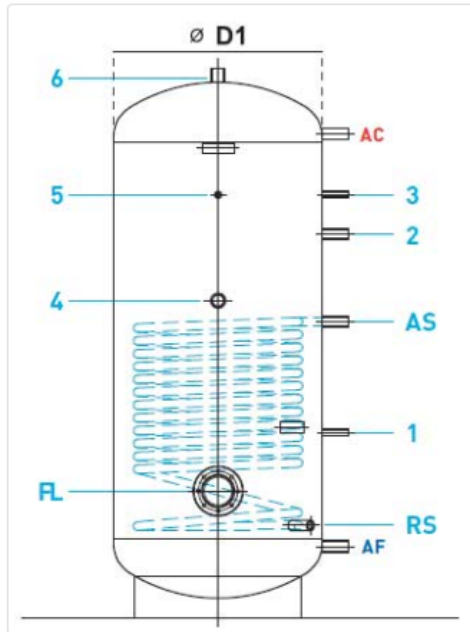
- Temperatura media del agua de la red general: Normal – Valor parcial: 1

Realizando la correspondiente suma, resulta un índice solar igual a 8. Ello indica la aplicabilidad de una instalación solar térmica en la zona. Siendo esto así, se selecciona para las viviendas un termotanque solar de la marca Vademarco.

Para elegir la capacidad del mismo se considera aconsejable que el volumen total del agua acumulada sea, al menos, igual al volumen medio consumido durante un período de 24 horas. Para evaluar dicho consumo, es preciso tener en cuenta los hábitos de los ocupantes de la vivienda. Una norma aceptable es calcular a razón de 50 o 60 litros de agua por persona y día. Considerando 6 personas habitando la vivienda existiendo la posibilidad de expansión de la familia tipo en el tiempo, la capacidad del calentador solar resulta:

$$\text{Capacidad calentador} = 50 \text{ l/día} \times \text{persona} \times 6 \text{ personas} = 300 \text{ l/día}$$

Se adopta entonces un calentador de 300 litros de capacidad. El esquema técnico del termotanque se ve en la figura 7.6 mientras que en la figura 7.7 se ve la ubicación del mismo en la planta de techos.



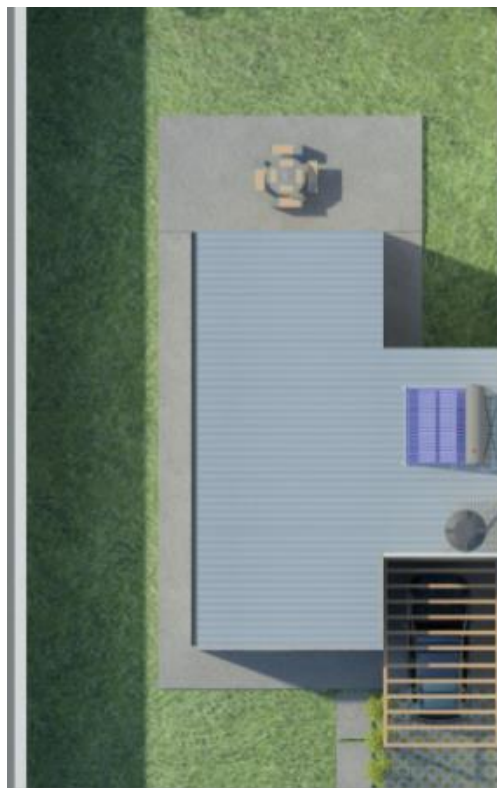
### Características Técnicas

AF Agua Fría Sanitaria 1"
AC Agua Caliente Sanitaria 1"
RS Paneles solares 1"
AS Paneles solares 1"
1 Sensor de temperatura Ø20
2 Recirculación 1"
3 Sensor de temperatura Ø20
4 Resistencia eléctrica 1 1/2"
5 Sonda de temperatura Ø20
6 Ánodo de magnesio 1 1/2"
FL Brida de inspección Ø180

(\*) No se incluyen los sensores de temperatura ni la resistencia eléctrica.

(\*\*) No todas las conexiones son provistas en forma estándar.

**Figura 7.6** Esquema técnico calentador solar. (Fuente: Vademarco). Sin escala.



**Figura 7.7** Ubicación en planta de techo del calentador solar en la vivienda tipo. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.

## Agricultura urbana

La incorporación de nuevos espacios verdes dedicados a la producción de alimentos está incluida dentro del Plan Nacional de Vivienda. El Plan incluye capacitación de los vecinos a través de programas Pro huertas, organización de parcelas y cultivos y, luego de realizada la huerta, el correspondiente control y seguimiento de la misma.

Estos espacios verdes que se quieren generar tienen como ventajas:

- Combatir el efecto de isla de calor de los centros urbanos.
- Alimentos sin agroquímicos que resultan en un mejoramiento de la calidad de la dieta alimentaria.
- Favorecer retardar el escurrimiento de agua de lluvia durante las tormentas.

Asimismo, la normativa de “Estándares mínimos para viviendas de interés social” recomienda, como se mencionó en el capítulo 3, un espacio para cultivo.

## Materiales

- **Residuos**

Un aspecto importante al momento de la elección de materiales para el diseño y construcción de una obra es el residuo potencial que estos generarían.

Según datos de una investigación realizada por la Asociación Latinoamericana del Acero (ALACERO), se estima que aproximadamente el 40% de los residuos urbanos son producto de la actividad de la construcción y demolición. Este valor indica la importancia en la elección de materiales en la construcción siendo un aspecto clave en la reducción del impacto ambiental de las edificaciones.

La modulación del sistema constructivo con perfilería metálica cada 40 o 60 centímetros, favorece la no generación de desperdicios en los revestimientos, cuyas medidas comerciales también están en base a estos valores. Asimismo, los componentes son estandarizados, producidos industrialmente con mayor precisión dimensional.

Estas características de la metodología constructiva fueron definatorias para el diseño de la vivienda tipo buscando la optimización de los materiales de los mencionados componentes, indicados en el capítulo 6.

- **Reciclabilidad**

Otra de las tácticas del diseño ecológico o sustentable es la utilización de materiales que puedan ser reciclados. En este sentido se destaca el sistema constructivo steel framing donde la estructura conformada de perfiles de acero son 100% reciclables.

El reciclado del acero no tiene restricciones de usos puesto que el material conserva sus propiedades (Material multi-ciclo).

A su vez, todo el acero que se produce en el mundo tiene un contenido de material reciclado que, dependiendo del proceso de producción, varía entre un 15 y un 90%. Estos valores posicionan al acero como el elemento con mayor contenido de material reciclado.

Además no solo se destaca la posibilidad de reciclado de los perfiles si no también su reutilización tal cual se extraen de la obra si se desmontan sus partes. En efecto, esto lleva a la idea de que estos elementos de los edificios metálicos puedan ser desmontables y utilizados para otras obras.

### **7.3 Mantenimiento:**

En esta sección se analizan los prototipos de viviendas realizados con ambos sistemas constructivos y se compara el mantenimiento para cada uno de ellos en los siguientes aspectos:

- **Instalaciones:**

Una de las grandes diferencias entre ambos sistemas constructivos radica en que en el steel framing las cañerías se encuentran colocadas entre los perfiles estructurales, mientras que en la construcción tradicional estas se encuentran amuradas. Como consecuencia de esto, ante un inconveniente en las instalaciones se corta la placa de yeso, se repara el caño y se vuelve a colocar el recorte. Luego, se toman las juntas sobre los cortes realizados y a las 24 horas, cuando seca la masilla, se lija y pinta. En el caso de una pérdida de agua, se debe reemplazar la parte de la placa de yeso que contenga humedad y al estar las perforaciones de los montantes a una altura regulada, es más sencillo conocer dónde cortar la placa interior. Si bien es un trabajo relativamente sencillo aun así requiere de mano de obra especializada.

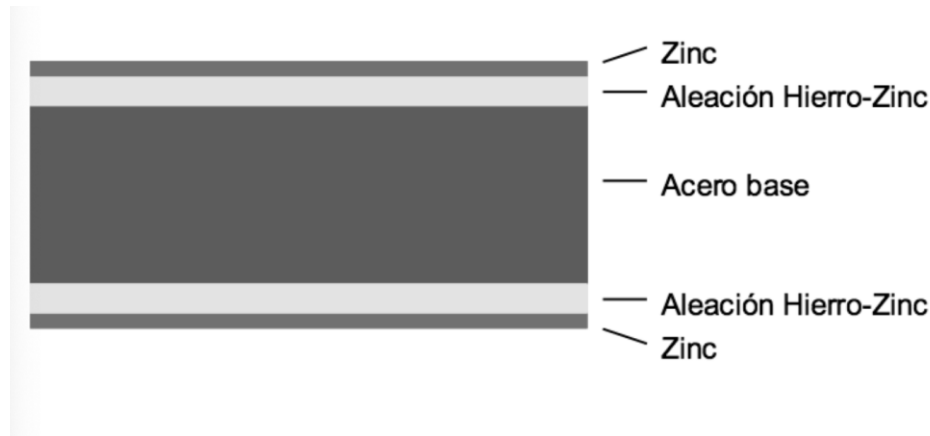
Por el otro lado, para el caso de paredes de mampostería, ante un eventual problema se debe picar la misma hasta llegar a las cañerías, repararlas y luego volver a realizar el revoque requerido para finalmente colocar sobre este la terminación elegida. Es un trabajo un poco más sucio, no solo porque se debe romper el cerramiento, sino porque se necesita realizar mezclas húmedas. Además, como se debe esperar que seque el revoque (aproximadamente 7 días) para pintar, estas reparaciones toman más tiempo en estar listas en relación a las anteriores.

- **Componentes estructurales de los cerramientos verticales:**

Para el caso de la vivienda construida con steel framing los componentes estructurales son los perfiles de acero galvanizado, mientras que para las materializadas a través del sistema tradicional, son los ladrillos cerámicos. Ambos presentan diferentes inconvenientes a futuro, en el primer caso se analiza la posible corrosión de los perfiles y en el segundo, la

Para el sistema steel framing la norma IRAM-IAS 500-205 establece las características a cumplir en cuanto al recubrimiento galvanizado de los perfiles estructurales, siendo el mínimo de 275 g/m<sup>2</sup> (Z 275), valor equivalente a 20 micrones por cara.

El perfil se encuentra compuesto por la chapa de acero central, que se une a su recubrimiento exterior de zinc mediante una capa de una aleación hierro-zinc que provee la adherencia necesaria entre ambos materiales.



*Figura 7.8 Esquema de la composición de un perfil galvanizado para steel framing. (Fuente: AD Barbieri). Sin escala.*

La protección de la chapa de acero base se da por lo que se denomina “protección por sacrificio”, ya que al ser el zinc más electronegativo que el primer material, este último se oxida siempre primero. Es por esto que la corrosión del hierro solo inicia una vez que se consume toda la capa de zinc.

En cuanto a la durabilidad de estos perfiles galvanizados, se definen en función del ancho de su recubrimiento de zinc y de cuanto se reduce este por año. Según la norma ISO 14713, para una situación en donde los perfiles se encuentren al interior de un cerramiento, la reducción del recubrimiento es menor o igual a 0,1 micrones al año. Tomando en cuenta que para el proyecto se tiene un recubrimiento de 40 micrones (20 a cada lado de la chapa base), en teoría los perfiles resistirían por lo menos 400 años. Es por esta característica que se permite que estos sean posteriormente reutilizados.

Además, en caso de cualquier pérdida de agua en las paredes o humedad excesiva se tiene en cuenta que, si bien esto genera un deterioro más rápido de los perfiles, estos lo resisten sin mayores inconvenientes, ya que tienen un recubrimiento de zinc 50 % mayor al que se aplica en chapas de techo que están continuamente a la intemperie.

En cuanto a los ladrillos cerámicos, si bien estos son permeables, al construirse la capa aisladora correspondiente y un revoque exterior con hidrófugo, el mantenimiento que se le debe realizar a estos elementos es mínimo.

- **Terminaciones interiores:**

En el sistema steel framing las terminaciones interiores están dadas por placas de yeso sujetas a la estructura metálica, mientras que en la construcción húmeda con mampuestos, estas se materializan con un revoque interior y una terminación con pintura látex. En cuanto al mantenimiento de las primeras, se debe hacer un tomado y pintado de las juntas entre placas cada 5 años. Además, para colocar un cuadro en estos tipos de paredes se deben utilizar tornillos y tarugos especiales, a diferencia de en las de mampostería, donde se utilizan clavos.

Por otro lado, en cuanto a la pintura interior de paredes realizadas con el sistema húmedo se debe volver a pintar aproximadamente cada 5 años para así mantener a la pared protegida contra la humedad y con la estética deseada.

- **Terminaciones exteriores:**

Otra diferencia entre ambos sistemas constructivos reside en sus terminaciones exteriores, siendo las utilizadas en estos prototipos placas cementicias para steel framing y un revoque exterior completo con pintura de látex para el sistema húmedo. En el caso del prototipo se utilizaron placas cementicias con juntas abiertas para evitar así el tomado progresivo de las mismas.

Tanto para las placas cementicias como para las paredes de mampostería se debe realizar

## 8. CÓMPUTO, PRESUPUESTO Y EVALUACIÓN FINANCIERA

Para analizar el presupuesto del anteproyecto propuesto, en primer lugar, se realiza el cómputo de materiales de la vivienda.

Si bien se habla de un conjunto de viviendas que forman un barrio, el objetivo del presente trabajo, como ya se menciona al inicio del mismo, es analizar las diferencias que existen entre ambos sistemas constructivos. Esta premisa lleva a la idea de sólo realizar el correspondiente análisis a la vivienda prototipo de manera individual, sin involucrar a los demás elementos del barrio, puesto que ambos sistemas se mantendrían iguales en ambos proyectos.

Para el proceso de cómputo y análisis de precios se siguen las recomendaciones del libro “Cómputos y Presupuestos” de Mario E. Chandías para el caso del prototipo de vivienda construido con mampostería al igual que los ítems que se reproducen de igual manera en el caso de steel framing. Por otro lado, como ya se menciona en el capítulo anterior, el análisis del rendimiento de la mano de obra para los ítems de steel framing fue consultado a empresas privadas que se desempeñan en el rubro en la zona.

### 8.1. Cómputo

Se realiza el correspondiente cómputo métrico subdividiendo los trabajos en diferentes rubros, y éstos a su vez, en distintos ítems elementales agrupados y ordenados según la secuencia lógica de ejecución. Esto tiene como fin determinar la cantidad de materiales necesarios para poder llevar a cabo la construcción del anteproyecto.

Al estar hablando de dos sistemas constructivos diferentes, los rubros no son los mismos para los cómputos en ambas viviendas. Sin embargo, existen ciertos rubros e ítems que si se repiten, entre ellos se los puede mencionar a:

- Trabajos preliminares
- Replanteo y excavaciones
- Fundaciones
- Muro medianero
- Pintura
- Carpinterías
- Instalaciones sanitarias
- Instalaciones eléctricas
- Instalaciones de gas
- Otros

Finalmente quedan resumidos los rubros del anteproyecto para cada sistema constructivo en las tablas 8.1 y 8.2.

**Tabla 8.1:** Rubros para vivienda prototipo con mampostería. (Fuente: Elaboración propia).

Nº	Rubro
1	Trabajos preliminares
2	Excavaciones
3	Fundaciones
4	Capa aisladora
5	Mampostería
6	Estructura resistente (HºAº)
7	Revoques interiores
8	Revoques exterior
9	Revestimientos
10	Pinturas
11	Carpeta de nivelación
12	Pisos completos
13	Cubierta
14	Cielorraso
15	Carpintería
16	Instalación eléctrica
17	Instalación sanitaria
18	Instalación de gas
19	Otros

**Tabla 8.2:** Rubros para vivienda prototipo con steel framing. (Fuente: Elaboración propia).

Nº	Rubro
1	Trabajos preliminares
2	Excavaciones
3	Fundaciones
4	Muro medianero
5	Carpeta de nivelación
6	Pisos completos
7	Armado de estructura metálica
8	Panelización
9	Pinturas
10	Cubierta
11	Cielorraso
12	Carpinterías
13	Instalación eléctrica
14	Instalación sanitaria
15	Instalación de gas
16	Otros

Es importante mencionar que para el cómputo de los elementos tipo placa que componen el paquete de cerramiento vertical del rubro “panelización” son tomados por unidad y no por superficie.

En el apartado de planillas del anexo se encuentran las dos planillas correspondientes al cómputo de cada sistema.

## 8.2 Costo – costo

El método empleado para obtener el costo-costo es el método de análisis de precios unitarios, en el cual el mismo se define como la suma de los costos de materiales más los costos de la mano de obra de cada trabajo considerado como ítem.

- Costos de materiales

Para el análisis del costo de los materiales se han consultado proveedores locales y revistas especializadas (revista Arquitectura & Construcción n°398, noviembre 2018).

Cabe destacar que en el análisis de precio de materiales se lo debe realizar a pie de obra, considerando cuando sea necesario, el costo del flete.

- Costo de la mano de obra

El costo de la mano de obra, por su parte, depende del rendimiento y de la valorización de este. El rendimiento es la cantidad de obra hecha en la unidad de tiempo y varía en función de distintos factores como ser la forma de contratación del obrero, el clima, la capacitación del obrero, el equipamiento y la organización de la obra.

Para determinar el costo de la mano de obra se adopta como forma de contratación la denominada por contrato, en la que al obrero se le paga un valor básico por hora por una jornada de ocho horas. Dicho jornal básico horario es acordado anualmente por convenio colectivo de trabajo n° 76/75 según zona de trabajo y categoría del obrero. A dicho jornal básico se lo afecta con las cargas sociales correspondientes. En la tabla 8.3 se pueden ver los jornales horarios reales tomando como base los valores de jornales básicos de septiembre del 2018. Los cálculos para la obtención de dichos valores se encuentran presentes en el anexo del trabajo.

**Tabla 8.3:** Jornales básicos y reales. (Fuente: Convenio colectivo de trabajo n° 76/75)

Zona A - Jornal básico y jornal real			
Construcción			
Categoría	Salario básico	Coefficiente CS	Salario real
Oficial especializado	\$111,86	2,2	246,09
Oficial	\$95,31	2,2	209,68
Medio oficial	\$87,88	2,2	193,34
Ayudante	\$80,68	2,2	177,50
Sereno	\$14.637,88	2,2	32.203,34

En el caso de steel framing se consideraron obreros con el rango de oficiales especializados para el rubro de estructura metálica, el cual incluye horas de armado de los paneles estructurales y el levantamiento de los mismos. Por otro lado, a la hora de analizar el precio de mano de obra del ensamblado de los paneles del cerramiento, se toman dos oficiales especializados por un ayudante.

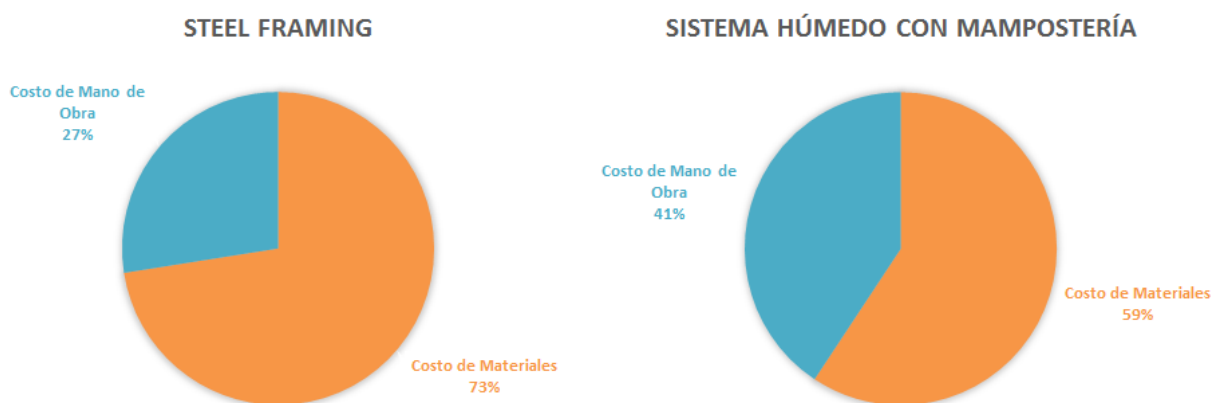
Según la información provista por la empresa privada que actualmente realiza este sistema constructivo, el armado de paneles estructurales de hasta tres metros, demanda aproximadamente noventa minutos de hora oficial, mientras que el levantamiento del mismo con su debido anclado a la fundación exige una hora oficial y media hora ayudante. Cabe destacar que la mencionada empresa recomienda grupos de tres personas para las distintas tareas propias del sistema como ser armado, manipuleo y levantamiento de la parte estructural como así también de los paneles que componen el cerramiento propiamente dicho.

Para adoptar el rendimiento de colocación de las placas de yeso, OSB y cementicias se consultó con las marcas que comercializan dichos productos, resultando los siguientes valores de rendimiento por placa:

- Placa de yeso: 0,8 h oficial especializado / placa ; 0,4 h ayudante / placa
- Placa OSB: 0,8 h oficial especializado / placa ; 0,4 h ayudante / placa
- Placa cementicia: 1 h oficial especializado / placa ; 0,5 h ayudante / placa

Finalmente se obtiene el costo de la mano de obra multiplicando la cantidad de horas necesarias para la ejecución de la obra por ítem por el jornal real del obrero, discriminando por la categoría del mismo.

El costo – costo se calcula entonces sumando los costos de material más los costos por mano de obra por rubro. En la figura 8.1 puede observarse la incidencia que tiene el costo de los materiales y de mano de obra en el costo – costo para ambos sistemas.



**Figura 8.1:** Incidencia de costo de materiales y mano de obra en el costo – costo. (Fuente: Elaboración propia). Sin escala.

### 8.3. Costo

El costo se compone de la suma del costo – costo más los gastos generales de la obra. En estos gastos generales se incluyen por un lado los gastos generales directos, propios de la obra y los gastos generales indirectos, propios de la empresa.

Como el trabajo planteado es a nivel de anteproyecto, es posible tomar la simplificación de que los gastos generales representan aproximadamente un 15% del costo – costo. Sin embargo, esta simplificación aplicada a ambos sistemas no permitiría ver la reducción en gastos generales directos mensuales que se obtiene por la reducción de tiempos de obra para el caso del prototipo realizado con perfilería metálica. Si bien se debería realizar un análisis exhaustivo de dichos gastos, escapa al grado de evaluación que estamos considerando, que, como se mencionó, es de anteproyecto.

Para tener en cuenta entonces la rapidez de ejecución, consideramos realizar la simplificación de adoptar como gastos generales un 10% del costo – costo en el cálculo de costo del prototipo con steel framing. Dicho valor obedece a una relación lineal entre los tiempos de ejecución que demanda cada sistema manteniendo los gastos generales del sistema húmedo con mampostería como un 15% del costo – costo.

### 8.4 Precio

El precio del anteproyecto es la suma de los costos que implica el mismo más el beneficio que recibe la empresa. Éste último se suele estimar como un 10% del costo de la obra.

### 8.5 Precio de oferta

El precio de oferta incluye además de todos los costos de la obra en sí y del beneficio que recibe la empresa, los impuestos que se deben abonar como ser el Impuesto al valor agregado (IVA) e ingresos brutos.

Finalmente se ven reflejados en la tabla 8.4 los valores obtenidos.

*Tabla 8.4: Precio de oferta por vivienda tipo*

Sistema constructivo	Costo de Materiales (S/ IVA)	Costo de Mano de Obra	Costo - Costo	Gastos generales	Costos	Beneficio	Precio	Impuestos	Precio de oferta	
									Total	\$/m2
Steel framing	722.172,70	331.362,32	1.053.535,02	105.353,50	1.158.888,52	115.888,85	1.274.777,38	315.507,40	1.590.284,78	24.338,61
Sistema húmedo con mampostería	513.276,14	426.094,29	939.370,43	140.905,56	1.080.276,00	108.027,60	1.188.303,59	294.105,14	1.482.408,73	22.687,61

### 8.6 Evaluación económica

La evaluación de proyectos consiste en comparar los costos con los beneficios que éstos generan, para así decidir sobre la conveniencia de llevarlos a cabo.

Como el anteproyecto propuesto consiste en un barrio de viviendas de interés social, el primer análisis a tener en cuenta es de la misma índole. Por dicha razón, no se considera el flujo de dinero que generará el proyecto en sí sino, el flujo de recursos reales.

Los beneficios sociales se consideran a los recursos que el proyecto genera y los costos sociales son los recursos que el proyecto sacrifica. Los propios del anteproyecto que intervienen en el flujo de beneficios netos se explicitan a continuación:

Beneficios sociales:

- Valor social de la producción: se considera como valor social al precio de las viviendas.
- Beneficio por ahorro energético: para el flujo de beneficios de la vivienda con steel framing se considera un ahorro por disminución de consumo de energía, como se menciona en el capítulo 7, reflejada en la boleta de luz que se paga bimestralmente en la ciudad de Corrientes.

Para calcular el valor del beneficio, se parte del consumo de los artefactos y se obtiene el precio de las posibles boletas de electricidad para ambos sistemas. En las tablas 8.5 y 8.6 se observan los gastos bimestrales calculados a partir del cuadro tarifario de la DPEC. Finalmente, el beneficio contemplado es la diferencia entre ambas boletas.

**Tabla 8.5:** Gasto bimestral de electricidad para vivienda húmeda con mampuestos. (Fuente: DPEC).

Gasto bimestral (\$)	
Costo Fijo	127,53
Carga variable	822,00
Carga excedente	1116,98
Precio total	2066,51

**Tabla 8.6:** Gasto bimestral de electricidad para vivienda con steel framing. (Fuente: DPEC).

Gasto bimestral	
Costo Fijo	127,53
Carga variable	822,00
Carga excedente	821,87
Precio total	1771,40

### Costos sociales

- Costos de producción: Se consideran los valores de costo – costo de las viviendas.
- Gastos fijos: Se consideran como los gastos generales mencionados para obtener el costo de ambas propuestas.

Con dichos valores se realizan los flujos de beneficios netos para un horizonte de tiempo igual a veinte años para ambos sistemas considerando la construcción de las 260 viviendas. Los mismos se encuentran adjuntados en el anexo del trabajo.

A partir de cada flujo de beneficios netos se obtiene el valor actual neto social (VAN<sub>social</sub>), indicador de rentabilidad que representa cuánto dinero de ganancia extra generará un proyecto, en términos de beneficios y costos sociales, comparado con la mejor alternativa de inversión disponible expresado a valores de hoy. La tasa de oportunidad considerada para las evaluaciones sociales es del 12%.

Finalmente, los valores resultantes se expresan en la siguiente tabla:

**Tabla 8.7** Valores del VAN para una tasa de oportunidad de 12 % para ambos prototipos de viviendas. (Fuente: Elaboración propia).

VAN <sub>12%</sub> social	
Sistema húmedo con mampostería	Steel framing
\$63.538.647	\$98.515.120

Los valores de VAN positivos indican la conveniencia de ambos proyectos desde el punto de vista social, mientras que la diferencia en el valor entre ambos sistemas se remite a la eficiencia energética que posee la vivienda con perfilería metálica.

## 9. COMPARACIÓN INTEGRAL ENTRE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Como conclusión al trabajo realizado se ejecuta una comparación integral entre ambos sistemas constructivos en todos los puntos analizados para ver cual de los dos resulta más conveniente en cada aspecto.

### 9.1 Superficie útil

Para las paredes de las viviendas materializadas con el sistema húmedo al utilizarse ladrillos huecos se obtienen anchos exteriores de 20 cm e interiores, de 15. Por otro lado, debido a los espesores de los elementos utilizados para la generación de los cerramientos verticales en steel framing, se cuentan con paredes exteriores de 15 cm e interiores, de 12. Debido a esta diferencia la superficie útil de cada vivienda, que se toma descontando a la total la ocupada por los cerramientos verticales, es mayor para las casas construidas con steel framing.

*Tabla 9.1 Análisis de superficie útil. (Fuente: Elaboración propia).*

Superficie útil	
Sistema húmedo con mampostería (m <sup>2</sup> )	58,65
Steel framing (m <sup>2</sup> )	60,48
Diferencia en superficie (m <sup>2</sup> )	1,83
Diferencia en porcentaje (%)	3,02

### 9.2 Instalaciones

Otra diferencia entre estos dos sistemas constructivos radica en la colocación de las instalaciones, ya que para el sistema húmedo con mampuestos estas cañerías se encuentran mayoritariamente amuradas, mientras que para el steel framing se localizan entre los perfiles estructurales. Esta disposición facilita la colocación y reparación de las instalaciones.



*Figuras 1 y 2 Colocación de instalaciones en sistema húmedo y tradicional, respectivamente. (Fuente: INCOSE). Sin escala.*

### 9.3 Confort higrotérmico

Se ven diferentes valores de transmitancia térmica en los cerramientos de ambos sistemas, ya que el húmedo no contiene un elemento que en sí mismo actúe como aislante térmico a diferencia del steel framing que sí posee uno intermedio en cada pared.

Realizando los cálculos correspondientes se encuentra que para condiciones de verano, el coeficiente de transmitancia térmica resulta:

K condición de verano	
Sistema húmedo con mampostería	Steel framing
1,2	0,53

Siendo el valor mínimo de transmitancia térmica 1,10, establecido por la “Norma de estándares mínimos” para un grado de acondicionamiento medio, implica que el muro con mampostería no verifica dicha condición, mientras que el muro con perfilería metálica si lo hace.

### 9.4 Ahorro energético

Al hacer el análisis global de la vivienda prototipo con ambos métodos constructivos resulta nuevamente que el realizado con la tradicional mampostería no verifica el confort higrotérmico nivel B, exigido por la normativa. Por su parte, la vivienda de steel framing si verifica dicha condición a pesar de la existencia de puentes térmicos representados por los montantes metálicos cada 0,60 m.

### 9.5 Rapidez de ejecución

La rapidez de ejecución de ambos sistemas depende no solo del rendimiento de la mano de obra, sino también de las características propias de cada ítem o trabajo a realizar, teniendo peso también el diseño arquitectónico y estructural elegido.

El steel framing, al ser un sistema de construcción en seco, suprime en gran parte los tiempos de espera ya sea para fraguado, endurecimiento, o secado de las típicas mezclas que si integra el método constructivo con mampostería. Esta diferencia implica una considerable reducción de los tiempos totales de obra para el primer sistema mencionado.

### 9.6 Mano de obra

Los trabajos o ítems que forman parte de la construcción húmeda no exigen la categoría de obreros especializados a excepción de por ejemplo, los instaladores. Sin embargo, el sistema constructivo con perfilería metálica requiere necesariamente de oficiales especializados. Esto implicaría una inversión inicial para la capacitación de la mano de obra, al ser una práctica aún no tan difundida en la zona.

### 9.7 Presupuesto

En cuanto al costo es importante analizar el hecho de la incidencia que tienen los materiales y la mano de obra en cada uno de los sistemas. Por un lado, el costo de materiales tiene mayor incidencia en el sistema steel framing, representando en el caso del anteproyecto propuesto un 73%, mientras que en el caso de la propuesta con mampostería se reduce a un 59%. Esto expresa a su vez, que la incidencia de la mano de obra en el sistema tradicional húmedo es mayor que en el otro sistema.

Por otro lado, la rapidez de ejecución también tiene peso en el costo del anteproyecto, pues existen gastos fijos directos que están en función del tiempo de ejecución de la obra, como lo es el salario del sereno. Consecuentemente, como el período de obra en steel framing resulta menor, estos gastos fijos directos también lo son.

Otro punto a analizar es la inversión inicial que se debe hacer en ambos sistemas. El sistema con entramado metálico requiere una inversión inicial elevada, pues el armado de paneles es primordial desde el inicio de la obra. La incidencia del costo en el primer mes de la propuesta con steel framing resulta de un

*Tabla 9. 2: Incidencia de costo del primer mes de obra. (Elaboración propia)*

Incidencia del costo en el primer mes de obra	
Sistema húmedo con mampostería	Steel framing
15,58%	28,06%

### 9.8 Mantenimiento

Para ambos sistemas, los elementos estructurales tienen elevada vida útil, lo que los quita de la consideración para este análisis. En cuanto a los elementos de terminación interior y exterior, su mantenimiento se torna en base a un repintado periódico para ambos casos.

Por su lado, el prototipo de steel framing requiere un tomado de juntas para las placas interiores de yeso, como mantenimiento adicional que se debe realizar por mano de obra especializada.

### 9.9 Evaluación económica (social)

A nivel social, si bien la vivienda construida con perfiles metálica requiere un mayor costo inicial, el beneficio generado por el ahorro energético permite obtener un valor actual neto superior que el de la construida con mampuestos para un mismo horizonte de evaluación.

*Tabla 9.3: Valores del VAN para una tasa de oportunidad de 12 % para ambos prototipos de viviendas. (Fuente: Elaboración propia).*

VAN <sub>12%</sub> social	
Sistema húmedo con mampostería	Steel framing
\$63.538.647	\$98.515.120

## 9.10 Conclusiones

En primer lugar, se puede confirmar la aplicabilidad del sistema steel framing para la construcción de un barrio de viviendas sociales ya que, para las distintas prestaciones que posee, la diferencia en el costo por metro cuadrado de vivienda con respecto al sistema húmedo tradicional es solo de 6,8%.

Su principal atributo resulta ser su rapidez de ejecución, la cual, según el prototipo analizado, es de 33% menor a la de la construcción con mampuestos. Este distintivo permitiría su aplicabilidad para situaciones de emergencia, en donde el tiempo representa un factor crítico.

Además, las características de este sistema permiten garantizar un mejor confort higrotérmico, cumpliendo con la norma de estándares mínimos de calidad para una vivienda de interés social.

Por otro lado, como es un sistema que no está muy difundido en la zona, la gente local no está familiarizada con el mismo. A la vez, son pocas las empresas en la región que lo materializan, por lo que no existe mano de obra especializada en el mercado, lo que implica tener que invertir en primer lugar en capacitación de los trabajadores.

Además es importante destacar la inversión inicial necesaria para este tipo de construcciones, siendo para el caso de estudio 12,48% mayor que la necesaria para el sistema húmedo tradicional.

Otro inconveniente que puede tener el sistema de perfiles metálicos es el elevado tiempo de diseño que requiere en búsqueda de la optimización de los materiales, factor que podría resultar crítico en etapas de licitación.

Adicionalmente, steel framing es una metodología que requiere de una mayor cantidad de planos de detalles por la complejidad de las uniones de los elementos constituyentes del sistema.

Finalmente, como la incidencia de los materiales en el costo total de la vivienda representa un valor muy alto, la competitividad o no del sistema steel framing está sujeta a la variabilidad de los precios de los mismos.

Al analizarse socialmente el barrio de viviendas con ambos sistemas constructivos, se concluye que para un mismo horizonte de evaluación, debido al beneficio social que genera el ahorro energético en climatización, el barrio de viviendas con steel framing resulta más beneficioso a nivel social.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bernal, Jorge Raúl (2.005). *“Zapatas. Estudio de las bases de hormigón armado. Diseño, cálculo y dimensionado”*.
- Chandías, Mario E. (2.006). *“Cómputos y presupuestos”*.
- CIRSOC 101 – INTI: “Reglamento Argentino de Cargas Permanentes y Sobrecargas Mínimas de Diseño para Edificios y otras Estructuras”.
- CIRSOC 102 – INTI: “Reglamento argentino de acción del viento sobre las construcciones”.
- CIRSOC 201 – INTI: “Reglamento argentino de estructuras de hormigón”.
- CIRSOC 303 - INTI: “Reglamento argentino de estructuras livianas de acero”.
- CIRSOC 401 – INTI: Reglamento argentino de estudios geotécnicos”.
- Código de Edificación de la ciudad de Corrientes. Actualización al 2.017.
- Código de Planeamiento Urbano de la ciudad de Corrientes. Actualización al 2.013.
- ConsulSteel (s.f.). Manual de Procedimiento. Construcción con acero liviano. Rescatado de <http://consulsteel.com/wp-content/uploads/Manual-de-Procedimiento-Consul-Steel.pdf>
- Das, Braja M. (1.999). *“Principios de Ingeniería de Cimentaciones”*.
- INCOSE – Instituto de la Construcción en Seco (2.015). *“Guía de Mantenimiento para Construcciones en Steel Framing”*. Rescatado de [http://incose.org.ar/downloads/Manuales/manual\\_usuario.pdf](http://incose.org.ar/downloads/Manuales/manual_usuario.pdf)
- INCOSE – Instituto de la Construcción en Seco (2.016). *“Manual de Recomendaciones para Construir con Steel Framing”*. Rescatado de
- Ministerio de interior, obras públicas y vivienda. Secretaría de vivienda (2.018). *“Manual de vivienda sustentable”*.
- Norma IRAM 11.601. Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. 2.010.
- Norma IRAM 11.603. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. (2.011)
- Norma IRAM 11.605. Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en Edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. 1.996.
- Norma IRAM 11.625. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación del vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general. 2.000.
- Normas IRAM para construcción con mampostería portante.
- Obras Sanitarias de la Nación. Reglamento para instalaciones sanitarias domiciliarias.

Roberto G. C. Dannemann (s.f.). *“Manual de Ingeniería de Steel Framing. CONSTRUCCIONES ENTRAMADAS DE ACERO”*. Segunda Edición.

Secretaría de Vivienda y Hábitat (2.017). *“Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social.”*