

Comparación de un Sistema Estructural Liviano Usando Acero Conformado en Frio vs Concreto  
Reforzado para una Edificación de Dos Niveles

Jorge Alexander Beltran Perez

Trabajo de Grado para Optar el título de Maestría en Ingeniería Estructural

Director

Miguel Antonio Peralta Hernandez

Magister en Ingeniería Estructural

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil

Maestría en Ingeniería Estructural

Bucaramanga

2020

## Contenido

	Pág.
Introducción .....	19
1. Objetivos .....	22
1.1 Objetivo general.....	22
1.2 Objetivos específicos .....	22
2. Alcance .....	23
3. Marco Teórico y Bases de Diseño del Acero Conformado en Frío .....	23
3.1 Aspectos generales.....	23
3.2 Breve reseña del uso del acero conformado en frío y normas de diseño .....	24
3.3 Características del acero conformado en frío.....	26
3.4 Métodos de Formado en Frío.....	28
3.4.1 Método de Rolado en Frío. ....	29
3.4.2 Método de prensas plegadoras. ....	31
3.5 Materiales y propiedades mecánicas.....	32
3.6 Influencia del formado en frío en las propiedades mecánicas .....	35
3.7 Consideraciones de diseño.....	36
3.7.1 Pandeo Torsional. ....	36
3.7.2 Pandeo Distorsional. ....	37
3.7.3 Pandeo Local y Resistencia posterior al pandeo.....	38

SISTEMA ACERO LIVIANO VS SISTEMA DE PORTICOS EN CONCRETO	5
3.7.4 Elementos rigidizados y no rigidizados. ....	39
3.7.5 Relación ancho – espesor. ....	40
3.7.6 Esfuerzo elástico de pandeo de placas. ....	41
3.8 Método de los Anchos Efectivos .....	43
3.9 Método de la Resistencia Directa .....	48
3.10 Conexiones atornilladas .....	51
4. Componentes del Sistema de acero conformado en frío y Sistemas constructivos .....	54
4.1 Tipos de perfiles.....	54
4.2 Sistemas constructivos .....	56
4.2.1 Ensamblaje en la obra. ....	56
4.2.2 Construcción panelizada. ....	58
4.2.3 Construcción modular. ....	60
4.3 Componentes del sistema estructural en acero conformado en frío .....	63
4.3.1 Muros. ....	63
4.3.1.1 <i>Parales.</i> .....	65
4.3.1.2 <i>Riostras Horizontales y antepechos.</i> .....	67
4.3.1.3 <i>Soleras.</i> .....	67
4.3.1.4 <i>Dinteles.</i> .....	68
4.3.1.5 <i>Ensamblaje de Muros.</i> .....	69
4.3.1.6 <i>Sistemas de revestimiento.</i> .....	71
4.3.1.6.1 <i>Tablero de Madera OSB (Oriented Strand Board).</i> .....	72
4.3.1.6.2 <i>Tablero de Madera contrachapada (plywood).</i> .....	75
4.3.1.6.3 <i>Placas cementicias.</i> .....	78

4.3.1.6.4 Placas de yeso.....	79
4.3.2 Sistemas de entrepiso y consideraciones de diseño.....	81
4.3.2.1 Componentes del sistema de entrepiso.....	82
4.3.2.1.1 Viguetas reticuladas.....	82
4.3.2.1.2 Bloqueadores.....	83
4.3.2.1.3 Riostras.....	84
4.3.2.1.4 Vigas cargueras.....	85
4.3.2.2 Sistemas de entrepiso.....	85
4.3.2.2.1 Húmedo.....	85
4.3.2.2.2 Seco.....	87
4.3.3 Sistemas de cubiertas y consideraciones de diseño.....	88
4.3.3.1 Cerchas.....	88
4.3.3.2 Sistema de alfardas como parte de un panel de cubierta.....	93
4.3.4 Sistemas de resistencia lateral.....	94
5. Sistema integrado de acero conformado en frío.....	103
5.1 Fase I - Diseño Estructural.....	103
5.2 Fase II – Planos de Taller.....	108
5.3 Fase III – Fabricación.....	109
5.4 Fase IV - Ensamblaje.....	116
5.5 Fase V – Montaje.....	121
5.6 Tipologías de construcción.....	131
5.6.1 Comportamiento acústico.....	131
5.6.2 Resistencia al fuego.....	136

5.6.3 Comportamiento Térmico.....	140
6. Comparativo del Sistema tradicional y el Sistema alterno .....	149
6.1 Sistema estructural .....	149
6.2 Método de Análisis y de Diseño .....	151
6.3 Especificaciones de materiales .....	152
6.4 Parámetros de Diseño .....	153
6.5 Descripción de la Estructura de acero.....	160
6.6 Normas de Diseño.....	161
6.7 Diseño de cerchas .....	163
6.8 Diseño de Viguetas .....	172
6.9 Diseño de Muros.....	180
6.10 Análisis de Costos.....	182
7. Conclusiones.....	189
8. Recomendaciones .....	200
Referencias Bibliográficas .....	202
Apéndices.....	206

### Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Coefficientes de pandeo de placas para varias condiciones de borde y esfuerzos</i> .....	42
Tabla 2. <i>Diámetros de tornillos de acero</i> .....	51
Tabla 3. <i>Tipos de tornillos de acero</i> .....	52
Tabla 4. <i>Aplicaciones típicas de tornillos</i> .....	53
Tabla 5. <i>Capacidades nominales de tornillos a corte y tensión</i> .....	54
Tabla 6. <i>Tipos de perfiles comunes en acero conformado en frío</i> .....	54
Tabla 7. <i>Perfiles en C para el diseño de la estructura en acero</i> .....	55
Tabla 8. <i>Niveles de prefabricación</i> .....	56
Tabla 9. <i>Valores nominales de resistencia ante cargas de viento en kN/m</i> .....	99
Tabla 10. <i>Valores nominales de resistencia ante cargas de sismo en kN/m</i> .....	100
Tabla 11. <i>Coefficientes de modificación de respuesta y alturas máximas según ASCE para sistemas estructurales de muros portantes</i> .....	101
Tabla 12. <i>Perfiles estándar</i> .....	110
Tabla 13. <i>Opciones de acero galvanizado</i> .....	111
Tabla 14. <i>Protección mínima de las bobinas</i> .....	112
Tabla 15. <i>Niveles de ruido máximos en Colombia (Resolución 6918 de 2010)</i> .....	132
Tabla 16. <i>Clases de Transmisión Sonora</i> .....	135
Tabla 17. <i>Comparación de desempeño</i> .....	136
Tabla 18. <i>Resistencia al fuego requerida en Colombia (NSR10)</i> .....	140
Tabla 19. <i>Coefficientes de conductividad</i> .....	142

Tabla 20. <i>Valores típicos de resistencia térmica para EPS y XPS</i> .....	145
Tabla 21. <i>Valores típicos de resistencia térmica para revestimientos típicos</i> .....	145
Tabla 22. <i>Tipologías para sistemas de muro y entrepiso</i> .....	146
Tabla 23. <i>Materiales estructura de concreto</i> .....	152
Tabla 24. <i>Materiales estructura de acero</i> .....	152
Tabla 25. <i>Evaluación de cargas de entrepiso estructura de concreto</i> .....	153
Tabla 26. <i>Evaluación de cargas de cubierta estructura de concreto</i> .....	153
Tabla 27. <i>Evaluación de cargas de entrepiso estructura de acero</i> .....	153
Tabla 28. <i>Evaluación de cargas de cubierta estructura de acero</i> .....	154
Tabla 29. <i>Evaluación de cargas de muros no portantes de acero</i> .....	155
Tabla 30. <i>Evaluación de cargas de muros exteriores portantes de acero</i> .....	155
Tabla 31. <i>Parámetros sísmicos</i> .....	156
Tabla 32. <i>Análisis de Fuerzas Sísmicas estructura de concreto</i> .....	157
Tabla 33. <i>Derivas e índices de estabilidad estructura de concreto</i> .....	157
Tabla 34. <i>Análisis de Fuerzas Sísmicas estructura de acero</i> .....	157
Tabla 35. <i>Derivas e índices de estabilidad estructura de acero</i> .....	157
Tabla 36. <i>Rigideces estructura de acero en el eje X - cubierta</i> .....	157
Tabla 37. <i>Rigideces estructura de acero en el eje Y - cubierta</i> .....	158
Tabla 38. <i>Rigideces estructura de acero en el eje X – Primer Piso</i> .....	158
Tabla 39. <i>Rigideces estructura de acero en el eje Y – Primer Piso</i> .....	159
Tabla 40. <i>Periodo Eje X</i> .....	159
Tabla 41. <i>Periodo Eje Y</i> .....	159

## Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Ancho de los rodillos (Wei-Wen Yu & LaBoube).....	29
Figura 2. Estaciones de dobleces perfil Z (Hancock) .....	30
Figura 3. Estaciones de dobleces perfil C.....	30
Figura 4. Prensa plegadora.....	31
Figura 5. Curva esfuerzo – deformación idealizada aceros laminados en caliente .....	33
Figura 6. Curva esfuerzo – deformación acero conformado en frío .....	34
Figura 7. Cambio de propiedades con respecto al acero virgen .....	35
Figura 8. Perfil en C sometido a pandeo lateral flexional - torsional .....	37
Figura 9. Perfil en C sometido a pandeo distorsional por flexión .....	38
Figura 10. Pandeo local en vigas y columnas (AISI).....	39
Figura 11. Elementos Rigidizados y No Rigidizados .....	40
Figura 12. Definición del ancho plano de un elemento .....	40
Figura 13. Pandeo elástico del alma de un perfil en C en compresión (AISI).....	41
Figura 14. Placa cuadrada sometida a compresión (AISI).....	44
Figura 15. Variación de esfuerzos en un elemento rigidizado sometido a compresión.....	44
Figura 16. Representación de esfuerzos uniformes en un ancho ficticio.....	45
Figura 17. Anchos efectivos en perfiles en C a flexión (izquierda) y a compresión (derecha) ....	46
Figura 18. Placa simplemente apoyada sometida a esfuerzos de flexión .....	46
Figura 19. Perforaciones en parales conformados por perfiles en C (Framecad).....	47
Figura 20. Perfil en C con perforaciones ovaladas .....	47

Figura 21. Modos de pandeo de un perfil en C sometido a compresión. (Hancock , Murray , & Ellifrit , 2001).....	49
Figura 22. Modos de pandeo de un perfil en C sometido a flexión (Hancock , Murray , & Ellifrit, 2001) .....	50
Figura 23. Construcción panelizada (Arcelor & Staal, 2008).....	60
Figura 24. Construcción modular .....	62
Figura 25. Partes de un muro .....	64
Figura 26. Perfil en U para deflexión vertical en muros no portantes .....	68
Figura 27. Dintel reticulado .....	68
Figura 28. Estructura revestida en OSB (Framecad) .....	72
Figura 29. Información del tablero OSB proporcionada por el fabricante .....	74
Figura 30. Detalles de instalación del OSB externamente.....	75
Figura 31. Tableros de madera contrachapada (The Engineered Wood Association APA., 1997) .....	76
Figura 32. Información del tablero de madera contrachapada proporcionada por el fabricante ..	77
Figura 33. Entrepiso conformado por vigas en C de gran altura .....	81
Figura 34. Entrepiso conformado por vigas en celosía.....	81
Figura 35. Bloqueadores .....	83
Figura 36. Riostras .....	84
Figura 37. Vigueta de entrepiso reticulada .....	84
Figura 38. Vigas cargueras .....	85
Figura 39. Entrepiso húmedo .....	86
Figura 40. Viguetas apoyando el tablero metálico.....	86

Figura 41. Tablero metálico apoyado sobre las viguetas .....	86
Figura 42. Entrepiso seco.....	87
Figura 43. Viguetas reticuladas apoyando un entrepiso seco .....	88
Figura 44. Cercha a dos aguas con voladizo (NSR10) .....	88
Figura 45. Cercha a dos aguas con aleros (NSR10).....	89
Figura 46. Cercha plana (NSR10).....	89
Figura 47. Tijera, Truncada y de un agua .....	89
Figura 48. Sistema de cerchas y correas .....	90
Figura 49. Cercha ensamblada en su propio plano .....	91
Figura 50. Cercha ensamblada a través de las almas de los perfiles.....	92
Figura 51. Sistemas de alfardas o paneles de cubierta (NSR-10).....	94
Figura 52. Muros con diferentes capacidades ante cargas laterales.....	95
Figura 53. Compatibilidad de deformación .....	96
Figura 54. Riostras de acero.....	98
Figura 55. Curva histerética típica para OSB o plywood .....	99
Figura 56. Perforaciones típicas en un perfil en C.....	108
Figura 57. Modelo en 3D del proyecto .....	109
Figura 58. Fábrica de producción (FRAMECAD) .....	113
Figura 59. Bobinas listas para proceso de laminado (FRAMECAD).....	114
Figura 60. Alimentación de la bobina para el inicio del laminado .....	114
Figura 61. Mesa receptora de perfiles y mesa de ensamblaje.....	115
Figura 62. Panel a fabricar .....	115
Figura 63. Estado de fabricación de las partes.....	116

Figura 64. Área de ensamblaje (FRAMECAD).....	117
Figura 65. Ensamblaje de parales intermedios .....	117
Figura 66. Ensamblaje de parales intermedios y soleras .....	118
Figura 67. Cerramiento del panel.....	118
Figura 68. Canal guía inferior del dintel.....	119
Figura 69. Colocación de diagonales .....	119
Figura 70. Colocación de rigidizadores .....	120
Figura 71. Almacenamiento de paneles ensamblados (FRAMECAD) .....	121
Figura 72. Detalle de viga perimetral de fundación.....	122
Figura 73. Zapata continua (CONSULSTEEL).....	122
Figura 74. Montaje del primer muro.....	123
Figura 75. Montaje del segundo muro .....	124
Figura 76. Montaje de muros perimetrales .....	124
Figura 77. Montaje de muros interiores.....	125
Figura 78. Amarre de muros temporal con perfiles .....	125
Figura 79. Detalle típico de anclaje al corte para muros no portantes.....	126
Figura 80. Detalle típico de anclaje al volcamiento.....	126
Figura 81. Fijación de muros .....	127
Figura 82. Montaje de las viguetas y estabilizadores .....	127
Figura 83. Anclajes a través del entrepiso .....	128
Figura 84. Montaje de muros del segundo piso .....	128
Figura 85. Conectores metálicos.....	129
Figura 86. Contravientos para la cubierta.....	129

Figura 87. Contravientos temporales para la cubierta .....	130
Figura 88. Contravientos permanentes para la cubierta.....	130
Figura 89. Riostras de acero en X.....	131
Figura 90. Clasificación de transmisión sonora STC.....	134
Figura 91. Resistencia del acero en función de la temperatura (HUD 2002) .....	137
Figura 92. Curvas del fuego patrón para el ensayo de resistencia al fuego (NIST) .....	138
Figura 93. Reducción de capacidad de carga en el tiempo para muros .....	139
Figura 94. Relación entre R y U .....	143
Figura 95. Planta de entrepiso estructura de concreto y sección de la losa .....	150
Figura 96. Planta de entrepiso estructura de acero liviano y sección transversal .....	151
Figura 97. Sección transversal de la cubierta de la estructura de acero.....	154
Figura 98. Sección transversal de muros no portantes de la estructura de acero.....	155
Figura 99. Sección transversal de muros exteriores portantes de la estructura de acero .....	155
Figura 100. Índices de seguridad estructural .....	164
Figura 101. Combinación de carga crítica L24 (FRAMECAD).....	165
Figura 102. Diagrama de miembros.....	166
Figura 103. Momentos de flexión internos .....	167
Figura 104. Fuerzas axiales internas .....	167
Figura 105. Dimensiones del perfil y grado del acero .....	168
Figura 106. Propiedades geométricas de la sección.....	169
Figura 107. Resistencias requeridas (FRAMECAD).....	170
Figura 108. Resistencias de diseño .....	171
Figura 109. Condición crítica bajo esfuerzos combinados .....	172

Figura 110. Índices de seguridad estructural .....	173
Figura 111. Combinación de carga critica LC2 .....	174
Figura 112. Diagrama de miembros.....	174
Figura 113. Deflexión más desfavorable .....	175
Figura 114. Dimensiones del perfil y grado del acero .....	176
Figura 115. Propiedades geométricas de la sección.....	177
Figura 116. Resistencias requeridas.....	178
Figura 117. Resistencias de diseño .....	179
Figura 118. Condición crítica por deflexión.....	180
Figura 119. Resultados de diseño de muros.....	181
Figura 120. Resultados de diseño de dinteles .....	182
Figura 121. Presupuesto estructura en concreto .....	185
Figura 122. Presupuesto estructura acero conformado en frío .....	186
Figura 123. Cronograma de obra estructura tradicional .....	187
Figura 124. Cronograma de obra estructura alterna.....	187
Figura 125. Flujo de caja estructura tradicional.....	187
Figura 126. Flujo de caja estructura acero conformado en frío .....	188
Figura 127. Flujo de caja comparativo .....	188

**Lista de Apéndices**

	Pág.
Apéndice A. Planos de Diseño de edificación de dos niveles en acero laminado en frío y verificaciones manuales.....	206
Apéndice B. Subsistemas de muros, entrepisos y cubiertas tomados de ensamblajes certificados y publicados por UL (Underwriters Laboratories), Gypsum Association Manual e Intertek (Framecad).....	315
Apéndice C. Análisis de precios unitarios de las estructuras de concreto y acero. ....	363

## RESUMEN

**TITULO:** COMPARACION DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL LIVIANO USANDO ACERO CONFORMADO EN FRÍO VS CONCRETO REFORZADO PARA UNA EDIFICACION DE DOS NIVELES\*.

**AUTOR:** JORGE ALEXANDER BELTRAN PEREZ \*\*

**PALABRAS CLAVE:** Acero Conformado en Frío, Acero liviano, Bases de Diseño, Costos, Presupuestos, Métodos de Construcción, Ensamblaje, Laminado, Perfiles en C.

### DESCRIPCION:

Se realizó una comparación entre una estructura de dos niveles en zona de riesgo sísmico alto utilizando un sistema tradicional con pórticos de concreto y una estructura liviana de acero conformado en frío. El diseño estructural de las dos estructuras fue realizado con base en los requerimientos del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 y las normas americanas AISI – American Iron and Steel Institute S100, S240 y S400. Se explicó en detalle la metodología para la escogencia idónea de los perfiles y maquinas laminadoras utilizando un software especializado de tecnología neozelandesa, incluyendo las etapas del modelado estructural, elaboración de planos de ingeniería de detalle, elaboración de planos de ensamblaje, definición de las máquinas laminadoras, fabricación, ensamblaje y montaje. Con base en las cantidades de obra de cada estructura se procedió a elaborar un análisis de costos, a través de la elaboración de presupuestos, cronogramas de obra y flujos de caja. Se encontró que la diferencia en peso de la estructura de acero liviano proporciona un ahorro de aproximadamente  $2/3$  con respecto al peso de la estructura tradicional, adicionalmente el periodo de la estructura liviana es menor produciendo como resultado una estructura de mayor rigidez. Se encontró que la duración del cronograma de obra de la estructura liviana es de 173 días mucho menor que los 305 días para la estructura tradicional, lo que se tradujo en una reducción del costo de construcción de aproximadamente el 10%. Al final se hicieron unas recomendaciones especialmente desde el punto de vista normativo, con el fin de que se puedan implementar los sistemas livianos en el país.

---

\* Proyecto de Grado

\*\* Facultad Físico Mecánica. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Miguel Antonio Peralta Hernández

## ABSTRACT

**TITLE:** COMPARISON OF A TWO LEVELS COLD FORMED STEEL LIGHT STRUCTURAL SYSTEM VS A CONCRETE MOMENT FRAME SYSTEM.

**AUTHOR:** JORGE ALEXANDER BELTRAN PEREZ \*\*

**KEYWORDS:** Cold Formed Steel, CFS, Light Gauge Steel, LGS, Design Bases, Costs, Budget, Construction Methods, Assembly, Roll forming, Lipped C profiles.

### DESCRIPTION:

The aim of this thesis was to compare two structural systems, one made of traditional reinforced concrete frame and a bearing wall system made of cold formed steel sections for a two story residential structure in a high seismic region. The structural design for both options was based on the NSR-10 Colombian Standard for Buildings and the AISI American and Iron Steel Institute Standards S100, S240 and S400. The methodology in this work related to the CFS option included the structural design using a proprietary software developed in New Zealand, selection of adequate lipped C profiles, engineering drawings, assembly drawings, and selection of the roll former equipment required for manufacturing, fabrication, framing assemblies, panelisation and erection of the frames in the field. Full Bill of Materials were estimated and a cost analysis was performed for each option along with scheduling of construction activities, budgeting and cash flow. The main findings of this work, include that the weight of the light steel alternative was about 2/3 lighter than the traditional concrete structure. Additionally, the fundamental period of the light system structure was smaller than the concrete system, hence producing a more rigid structural system. In terms of total duration of the project on site it was estimated that the light structural system would take about 173 days to complete whereas the traditional concrete system would take 305 days which accounted for about 10% of total saving costs. At the end some recommendations were proposed especially in terms of adding regulations for fire, thermal and acoustic requirements of light gauge steel assemblies in order to continue to develop the implementation of this construction system in Colombia.

---

\* Thesis

\*\* Physical Mechanical Engineering Faculty. Civil Engineering School. Director: Miguel Antonio Peralta Hernández

## **Introducción**

El acero conformado en frío comúnmente llamado “Steel Framing” en inglés, es un material que según afirma Dannemann (2007) ha sido utilizado como solución estructural en construcción residencial por décadas en países con una cultura que ha utilizado tradicionalmente sistemas livianos como la madera tal es el caso de Estados Unidos e Inglaterra.

En Colombia, el factor cultural que viene desde la época de los españoles, quienes introdujeron sistemas de construcción utilizando paredes macizas se ha fijado en la mente de nuestra sociedad y esto sumado a la falta de exposición y conocimiento de soluciones constructivas livianas, como la que supone el uso de perfiles de acero de lámina delgada por parte de los profesionales de la construcción, no ha permitido que este tipo de sistemas se conozcan y mucho menos se empleen como material estructural primario en construcción residencial. En la actualidad, y según lo expuesto en Construdata (2014) los principales proveedores de “Steel Framing” limitan sus aplicaciones a elementos estructurales como fachadas, cubiertas y entrepisos y a elementos no estructurales como cielo raso y muros divisorios.

En este sentido, el “Steel Framing”, y que según Acesco (2016) “es un método que utiliza perfiles de acero galvanizado laminado en frío para ensamblar elementos estructurales tales como muros portantes, vigas de entrepiso, paneles de cubierta, cerchas y otros”. Con este sistema se construyen estructuras de 4 o más niveles en países como Estados Unidos e Inglaterra en forma industrializada.

Dadas las bondades del sistema de construcción con perfiles de acero conformado en frío, tales como su alta resistencia, bajo peso, rapidez de fabricación y ensamblaje, durabilidad y sostenibilidad, se pueden potenciar los beneficios económicos para el constructor debido a la reducción de costos de construcción (La Boube & Yu, 2010). El bajo peso de las estructuras incide directamente en la disminución de las fuerzas sísmicas a las que se va a ver sometida la estructura generando esta característica por si sola una ventaja para el desempeño en zonas de riesgo sísmico intermedio y alto (Steel Framing Alliance, 2007) . Por las razones expuestas se hace necesario que se tenga en cuenta este material como una alternativa diferente a los materiales de construcción tradicional en Colombia.

El acero conformado en frío está regulado en Colombia por el capítulo F.4 Estructuras de Acero con perfiles de lámina formada en frío, del Reglamento de Construcción Sismoresistente NSR10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, 2010) y el conjunto de normas norteamericanas North American Specification for the Design of Cold Formed Steel Structural Members expedidas por el AISI - American Iron and Steel Institute (American Iron and Steel Institute, 2016). Las normas AISI son el punto de referencia y la base del reglamento NSR10 incluyendo todas las subnormas entre las cuales se puede mencionar la AISI S213-07 North American Specification for the Design of Cold Formed Steel Structural Members – Lateral Design (American Iron and Steel Institute, 2009) para el diseño ante cargas laterales.

Entre las principales ventajas de la construcción con perfiles de acero liviano se tienen la alta resistencia de los perfiles y el bajo peso de los mismos. Estas características propias del material generan un beneficio significativo ya que las estructuras resultantes son ideales para usar en zonas de alto riesgo sísmico. El proceso de fabricación de los perfiles a través de máquinas laminadoras permite que este proceso sea masivo y en serie, incrementando la

velocidad de construcción a la vez que se reducen los tiempos y costos de construcción, maximizando el retorno de la inversión ya que la estructura comienza a prestar servicio mucho más rápido (Gómez, 2008).

Los procesos de laminación de los perfiles en máquinas laminadoras, junto con los procesos de ensamblaje y acopio de paneles que se llevan a cabo en fábricas que conforman ambientes controlados, permiten tener mayor control de calidad de los materiales de insumo como las bobinas de acero y tornillos y el producto ensamblado como los paneles, generan procesos repetitivos y estandarizados que potencian a este sistema como un sistema industrializado de construcción (Lee, Tan, Mohammad , Tahir, & She, 2014). En consecuencia, se incrementa la eficiencia y la productividad en la etapa de construcción y montaje asegurando un producto de alta calidad con bajo potencial de patologías estructurales con mayores beneficios para el constructor y el usuario final.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo general**

Comparar una estructura de pórticos en concreto reforzado contra una solución en acero liviano formado en frío de uso común en países industrializados pero que no se encuentra incluido dentro de los sistemas permitidos de la Tabla A.3-1 del Reglamento de Construcción Sismoresistente (NSR10).

### **1.2 Objetivos específicos**

- Diseñar una solución alternativa en acero liviano formado en frío para un proyecto base en estructura con pórticos de concreto reforzado de una estructura residencial de dos niveles en zona de riesgo sísmico alto.
- Comparar en términos económicos y tiempos de ejecución, el sistema de acero liviano formado en frío con el sistema de pórticos de concreto reforzado.
- Identificar las ventajas y desventajas del sistema de construcción liviano como técnica industrializada para construcción de vivienda en zonas de riesgo sísmico alto.

## **2. Alcance**

Como proyecto base se tomará un proyecto existente para una estructura residencial de dos niveles en zona de riesgo sísmico alto realizada con pórticos de concreto reforzado de acuerdo con los requisitos del capítulo C del reglamento de construcción sismo resistente NSR-10.

El diseño cumplirá con el reglamento NSR-10 y la norma AISI S213-07 para el diseño ante cargas laterales. La solución alternativa incluirá planos detallados de construcción y planos de taller de todos los elementos metálicos livianos. Se incluyen los siguientes capítulos en este proyecto de grado:

- Capítulo 4. Marco Teórico y Bases de Diseño
- Capítulo 5. Componentes del sistema y sistemas constructivos
- Capítulo 6. Sistema integrado Framacad
- Capítulo 7. Comparativo del sistema tradicional y el sistema alternativo

## **3. Marco Teórico y Bases de Diseño del Acero Conformado en Frío**

### **3.1 Aspectos generales**

El acero estructural es un material de construcción que se puede dividir en dos grandes categorías: acero laminado en caliente y acero conformado en frío. El proceso de formación de

los perfiles laminados en frío o perfiles de lámina delgada como también se conocen, se hace a temperatura ambiente y de allí deriva su nombre, se hace a partir de rollos de acero galvanizado de anchos predeterminados que se someten a una serie de dobleces en unas máquinas laminadoras para lograr las secciones deseadas.

Los perfiles de lámina delgada según afirma La Boube y Yu (2010) se diferencian de los perfiles laminados en caliente en los espesores que se utilizan. El rango típico para miembros estructurales esta entre 0.4mm y 6.4mm, sin embargo, placas de acero de hasta 25.4mm se pueden formar en frío para conformar perfiles estructurales.

La capacidad estructural del acero conformado en frío tiene una relación directa con las formas de los perfiles que se pueden producir de manera relativamente rápida y conformarse para una variedad de formas que permitan la optimización del material y no tanto en su espesor.

### **3.2 Breve reseña del uso del acero conformado en frío y normas de diseño**

Las aplicaciones del acero conformado en frío se han dado en múltiples áreas y productos como por ejemplo en la industria automotriz para la fabricación de la carrocería de los vehículos, fabricación de ferrocarriles, electrodomésticos, estanterías para almacenamiento en bodegas, equipos mecánicos, silos, bienes y productos destinados a la infraestructura vial, torres de transmisión, sistemas de drenajes y por supuesto en construcción.

A pesar de que el uso del acero conformado en frío en el área de la construcción empezó alrededor de 1850 en los Estados Unidos e Inglaterra, su uso no se hizo extensivo hasta alrededor de 1940. El uso de estos perfiles se aceleró en los Estados Unidos gracias a la expedición de

normas para el diseño de miembros estructurales expedida por el Instituto del Hierro y el Acero (AISI), las cuales han sido revisadas a lo largo del tiempo con base en trabajos investigativos.

La primera edición de la norma americana AISI fue presentada en 1946 y se basó principalmente en trabajo de investigación de vigas, conectores a cortantes, láminas colaborantes y conexiones, bajo la dirección del Profesor George Winter en la Universidad de Cornell. Las siguientes ediciones fueron presentadas en 1956, 1960, 1962, 1968, 1980, 1986, 1991, 1996, 2001, 2004, 2007, 2012 y 2015 con base en los desarrollos investigativos.

En 1997, una serie de normas fueron creadas con el objetivo de fomentar el uso de un sistema constructivo de construcción liviana en lugar de tener componentes independientes y no vinculadas. Dichas normas fueron agrupadas a partir del 2015 en un solo documento AISI S240. Los sistemas de resistencia sísmica actualmente están considerados dentro de la norma AISI S400-2015 y los elementos no estructurales están cubiertos por la norma AISI S220-2015.

Las tres normas AISI S240, S220 y S400 deben usarse en conjunto con la norma AISI S100-2016 para el diseño de miembros de acero conformado en frío (American Iron and Steel Institute, 2015).

La versión actual del reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10 establece como documentos de referencia y como base del capítulo F.4 del reglamento a las normas expedidas por la AISI 2007 para efectos del diseño de estructuras de acero hechas con perfiles de lámina formada en frío. La NSR10 establece que el alcance de la especificación debe aplicarse a miembros estructurales de acero, cuyos perfiles se hayan formado en frío a partir de láminas de espesores menores o iguales a 25.4mm para su uso estructural en edificios en los cuales se pueden aplicar los dos métodos conocidos de diseño: método de diseño con coeficientes de carga y resistencia o el método de esfuerzos admisibles.

La teoría básica del funcionamiento de la lámina delgada como elemento estructural es simple. Una hoja o lámina de acero delgada por sí misma no soporta carga debido a su baja rigidez en su plano. Sin embargo, si a esta lámina se le generan dobleces y se le da una forma específica, la lámina adquiere un incremento sustancial de rigidez y resistencia. La resistencia de un perfil no está dada simplemente en relación con su espesor sino también con la forma del perfil. Por ejemplo, un perfil en forma de C con dobleces que actúan como pestañas rigidizadoras podría tener mayor resistencia que un perfil en forma de U sin pestañas rigidizadoras.

### **3.3 Características del acero conformado en frío**

Es importante que Ingenieros y Arquitectos estén al tanto de las ventajas del uso del acero de lámina delgada y de su comportamiento en condiciones de trabajo. A continuación, se enumeran las principales ventajas frente a otros materiales de construcción (Perkins, 2009):

- Reducción significativa de masa estructural resultante debido al espesor de lámina y la eficiencia de los perfiles para conformar entramados livianos que conforman la estructura y por lo tanto se contribuye a un mejor desempeño sísmico en zonas de riesgo sísmico alto.
- Existen diversos sistemas estructurales de resistencia ante cargas laterales compatibles en cuanto a su deformación resultando estructuras con alta resistencia y rigidez.
- Economía de material con eficientes relaciones peso – resistencia para diferentes tipos de carga.

- La etapa de fabricación de los insumos como la perfilera y los demás componentes como los revestimientos permiten potenciar la fabricación masiva y en serie con un impacto positivo en el costo final y en la calidad del producto terminado.

- Alta velocidad de fabricación. Dependiendo de la tecnología a utilizar en el proceso de laminación la velocidad de producción puede estar en un rango de 300 a 750 metros considerando las operaciones de las perforaciones.

- Alta velocidad de ensamblaje y montaje potenciando su uso como un método de construcción industrializado.

- Alta eficiencia y precisión en la elaboración de los planos de ingeniería de detalle y planos de taller para el detallado de los componentes y coordinación con campos multidisciplinarios por contar con software compatible con la filosofía BIM.

- Minimización del desperdicio de materiales debido a la exactitud de los procesos de laminado en las maquinas laminadoras dependiendo de la tecnología utilizada.

- No se requiere encofrado ni tiempos de espera para el curado del concreto.

- Alta durabilidad por ser acero galvanizado está protegido contra la corrosión y no está sujeto al ataque de termitas como la madera.

- Las propiedades mecánicas de las láminas de acero son uniformes proporcionándole a los perfiles una distribución uniforme de sus propiedades lo que genera mayor confiabilidad estructural.

- Los paneles ensamblados son de bajo peso, fáciles de manipular y transportar optimizando los costos de operación y transporte.

- El acero es un material que no es combustible, es decir, no ayuda a propagar el fuego.

- El acero es un material reciclable y recuperable, lo que agrega valor al ser un material sostenible y considerado amigable con el medio ambiente.
- Se puede lograr un sistema de construcción panelizada con los paneles ensamblados en la fábrica, o un sistema de construcción modular. Los dos sistemas reducen el trabajo en la obra y proporcionan un mejor control de calidad en la construcción.
- Facilidad y sencillez de efectuar uniones en los miembros estructurales a través de tornillos.
- Se puede combinar con cualquier otro sistema estructural debido a su versatilidad y compatibilidad con otros materiales.

Las principales desventajas del acero conformado en frío en Colombia son:

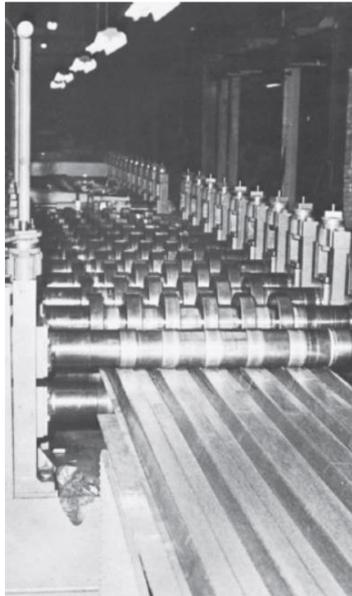
- Alta transmitancia térmica. Se debe instalar una envolvente para eliminar los puentes térmicos generados por el acero.
- Desconocimiento del sistema por parte de los usuarios, especificadores y constructores.
- La aplicación en sistemas estructurales primarios es baja.
- Se requiere mayor infraestructura que propicie el uso del acero conformado en frío, es decir, proveedores de materiales de recubrimientos, disponibilidad de conectores, accesorios y demás cadena de suministros de componentes que se necesitan para consolidar los proyectos.

### **3.4 Métodos de Formado en Frío**

Existen dos tipos de métodos para el conformado en frío de los perfiles:

- Rolado en frío.
- Prensas plegadoras.

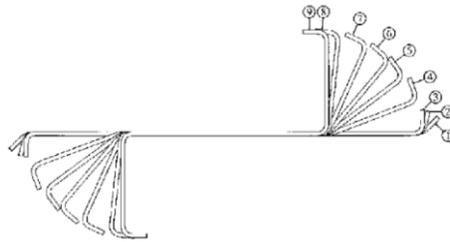
**3.4.1 Método de Rolado en Frío.** Los perfiles se obtienen a través de la formación de dobleces a los que se somete la tira de acero a través de unos rodillos que se encuentran ubicados a lo largo de las máquinas laminadoras. Este método es más económico para la obtención de perfiles que se doblen con rollos de acero de hasta 915mm de ancho y de más de 915m de longitud (La Boube & Yu, 2010).



*Figura 1.* Ancho de los rodillos (Wei-Wen Yu & LaBoube)

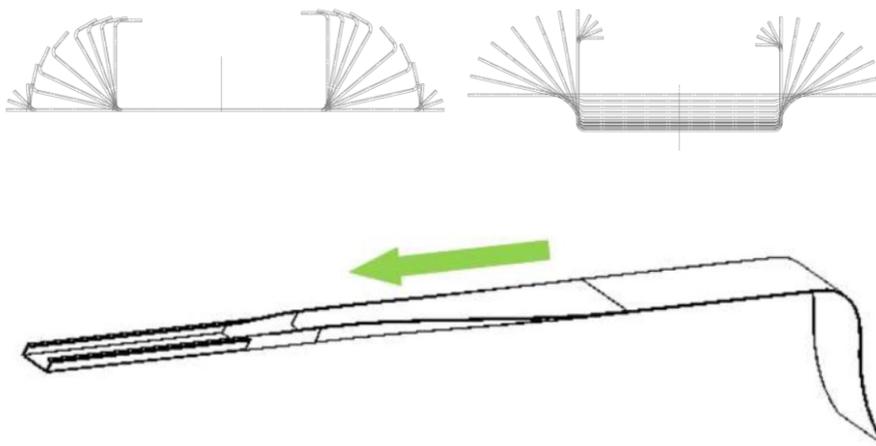
El ancho de las tiras de acero que se doblan depende de la longitud de desarrollo del perfil o producto que se desea obtener. Las láminas colaborantes tipo steel deck para entresijos, así como los perfiles de acero liviano para cubiertas requieren de rollos de acero con un ancho útil de alrededor de 1.0m – ver Figura 1. El ancho de los rollos para producir perfiles en C o Z varían desde unos 150mm en adelante dependiendo del tamaño del perfil.

Dependiendo de la complejidad de la forma del perfil se puede requerir un mayor número de estaciones, en general entre más compleja la forma, mayor número de estaciones se requiere. En la figura 2 el perfil Z se logra a través de 9 estaciones de doblado comenzando por la configuración de las pestañas y continuando gradualmente con la configuración de las alas hasta alcanzar un ángulo recto entre el alma y las alas.



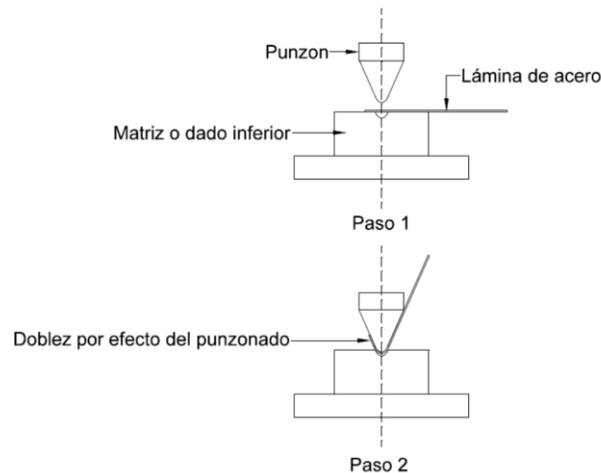
*Figura 2.* Estaciones de dobleces perfil Z (Hancock)

Cada pareja de rodillos que se encuentran a lado y lado de la tira de acero tiene una disposición espacial específica para lograr un doblado determinado en cada estación de rodillos. En las figuras de un perfil C se forman primero las pestañas y después las alas o viceversa comenzando por las alas y luego las pestañas – ver Figura 3.



*Figura 3.* Estaciones de dobleces perfil C

**3.4.2 Método de prensas plegadoras.** Este método consiste en hacer un doblez completo a lo largo de toda la pieza metálica en lugar de hacerlo de manera gradual a través de una prensa plegadora. Para lograr secciones con diferentes dobleces la pieza se debe rotar y colocar nuevamente en la prensa cada vez que se requiera un nuevo doblez y así sucesivamente hasta terminar.



*Figura 4.* Prensa plegadora

El método de rolado en frío implica un costo más alto en la maquinaria requerida para el proceso de laminado, pero los costos de mano de obra se reducen debido a la automatización del proceso en línea. Aunque si existen proveedores que suministren la perfilería el costo de la máquina no se hace necesario. El uso de prensas plegadoras es viable cuando se tiene una gran variedad de piezas para fabricar y los volúmenes de producción son relativamente bajos de tal manera que los costos de las máquinas laminadoras no se pueden justificar (Hancock , Murray , & Ellifrit , 2001) Una limitante de este método es que se dificulta el proceso de plegado para longitudes mayores a 6m.

### **3.5 Materiales y propiedades mecánicas**

Las normas AISI y NSR10 definen los aceros de calidad estructural con base en las normas ASTM e ICONTEC y divide los aceros para su uso dependiendo del porcentaje de elongación, obtenida en una longitud de testigo de 50mm, en tres grupos: iguales o mayores a 10%, entre 3% y 10% y menores a 3%.

Para aplicaciones estructurales el acero debe cumplir con tener una elongación mínima del 10% en una longitud de testigo de 50mm o de 7% en una longitud de testigo de 200mm de la probeta estándar ensayada de acuerdo a la norma ASTM370. Adicionalmente la relación entre la resistencia a la tensión y el esfuerzo de fluencia debe ser mayor a 1.08. Entre las propiedades de los materiales más importantes para el diseño están el esfuerzo de fluencia, la resistencia a la tensión y la ductilidad. La ductilidad está relacionada con la capacidad del material para soportar grandes deformaciones permanentes sin pérdida de rigidez y es importante tanto para la seguridad estructural como para el conformado en frío. La relación entre la resistencia a la tensión y el esfuerzo de fluencia mayor a 1.08 es un índice del endurecimiento por deformación y de la habilidad del material para redistribuir el esfuerzo.

Para aplicaciones específicas como correas, largueros, configuraciones de alma múltiple como cerramientos y tableros de piso se aceptan aceros de los otros grupos con elongaciones menores al 10% sujeto a unas condiciones que reducen el esfuerzo de fluencia y resistencia última del acero. La pendiente de la curva esfuerzo – deformación de aceros laminados en caliente generalmente presenta un cambio abrupto entre las zonas elásticas e inelásticas después del esfuerzo de fluencia. Para este tipo de aceros dúctiles se observan los siguientes puntos de interés:

El límite de proporcionalidad, zona en la cual la ley de Hooke de proporcionalidad entre esfuerzos y deformaciones se cumple y el comportamiento del acero es elástico. El límite superior de fluencia se alcanza rápidamente después del límite de proporcionalidad para luego nivelarse a partir del límite inferior de fluencia. El límite elástico es el esfuerzo entre el límite de proporcionalidad y el límite superior de fluencia y hasta este punto si al material se le retira la carga no se presentan deformaciones permanentes. Más allá del límite elástico se presentan deformaciones permanentes si se retira la carga siguiendo una línea paralela a la línea inicial de carga.

Una curva idealizada de este tipo de aceros se muestra en la Figura 5 en la cual los límites de proporcionalidad, límite elástico y límites superior e inferior de fluencia se encuentran muy cercanos y se representan por el punto de fluencia  $f_y$  conocido como el esfuerzo de fluencia. El otro punto de interés se define en el punto más alto de la curva al final de la zona de endurecimiento por deformación que define el valor  $f_u$  conocido como la resistencia última de tensión. El valor del esfuerzo al final de la curva se conoce como la resistencia a la rotura.

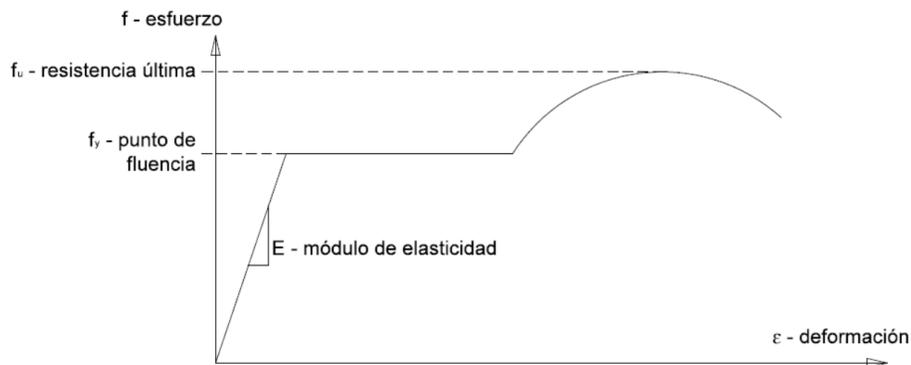


Figura 5. Curva esfuerzo – deformación idealizada aceros laminados en caliente

La pendiente de la curva esfuerzo – deformación de aceros conformados en frío generalmente presenta un cambio gradual entre las zonas elásticas e inelásticas después del

esfuerzo de fluencia – ver Figura 6. En esta curva el límite de proporcionalidad  $f_{pr}$  se define hasta el punto donde el módulo de elasticidad  $E$  es igual al módulo tangente  $E_t$ . La ausencia de la parte plana de la curva en comparación con la curva idealizada de acero laminado en caliente se debe a la deformación plástica que ocurre en el proceso de formado.

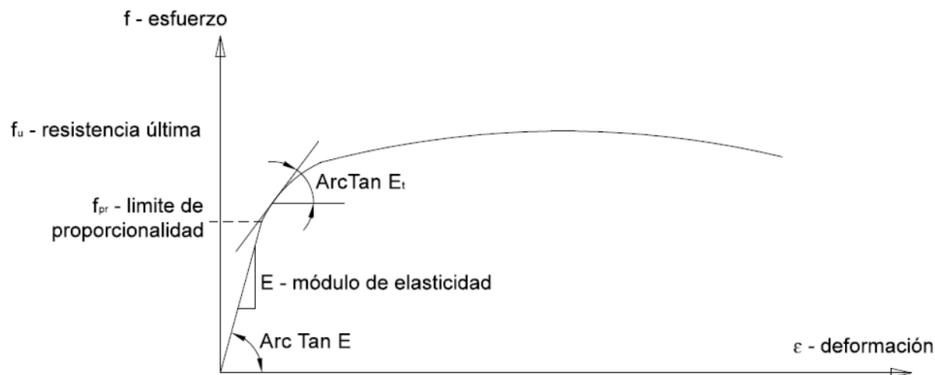


Figura 6. Curva esfuerzo – deformación acero conformado en frío

Para este tipo de aceros el esfuerzo de fluencia  $f_y$  se determina con base en un 0.2% de deformación o una elongación del 0.5% durante el proceso de carga.

La resistencia última a la tensión  $f_u$  tiene poca incidencia directa en el diseño de miembros estructurales sometidos a flexión o compresión ya que normalmente dichos miembros están limitados por el esfuerzo de fluencia  $f_y$  o esfuerzos de pandeo menores a  $f_y$ . La resistencia de los miembros sometidos a tensión y las conexiones no solamente dependen de  $f_y$  sino también de  $f_u$  por lo tanto los dos parámetros son considerados en el diseño.

### 3.6 Influencia del formado en frío en las propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas del acero virgen como el esfuerzo de fluencia  $f_y$ , la resistencia última  $f_u$  y la elongación pueden diferir significativamente de las del acero formado en frío. El trabajo en frío que se produce durante el proceso de laminación de los perfiles contribuye al incremento de los parámetros  $f_y$  y  $f_u$  especialmente en las esquinas donde se producen los dobleces. Otro efecto del trabajo en frío es que el incremento del  $f_u$  es menor al incremento de  $f_y$  lo cual genera una disminución de la ductilidad del elemento.

Según los estudios de Karren y Winter (1995) de Winter y Uribe (1969) y de Chajes , Britvec y Winter (1963) quienes han concluido que los cambios en las propiedades mecánicas producto del formado en frío se deben al endurecimiento por deformación y al envejecimiento por deformación del acero. En la Figura 7 la curva A representa la curva esfuerzo – deformación del material virgen, la curva B representa la descarga en la zona de endurecimiento por deformación, la curva C representa la recarga inmediata y la curva D representa la recarga después del envejecimiento por deformación. Se nota que el valor de  $f_y$  se incrementa en las curvas C y D comparado con el valor  $f_y$  del acero virgen y que las ductilidades se reducen después del endurecimiento por deformación y el endurecimiento por envejecimiento.

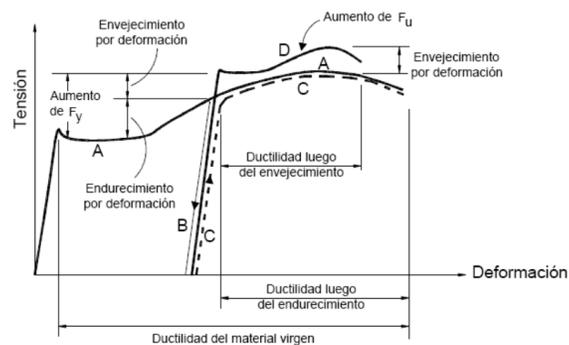


Figura 7. Cambio de propiedades con respecto al acero virgen

Las investigaciones también concluyeron que los efectos del formado en frío en las propiedades mecánicas de las esquinas del perfil dependen principalmente de la relación  $f_u / f_y$  y de la relación  $R/t$ , donde  $R$  es el radio interno de las esquinas y  $t$  el espesor de la lámina. Un acero virgen con una alta relación  $f_u / f_y$  tiene una gran capacidad para desarrollar esfuerzo por deformación por lo tanto a medida que  $f_u / f_y$  se incrementa, la relación de  $f_y$  en las esquinas con respecto al  $f_y$  del acero virgen también se incrementa. En este orden de ideas, las relaciones pequeñas de  $R/t$  son producto de un alto grado de trabajo en frío en las esquinas, por lo tanto, a medida que  $R/t$  se reduce el  $f_y$  de las esquinas se incrementa.

El valor  $f_{ya}$  incrementado por trabajo en frío obtenido por la norma o a través de ensayos se puede usar en el diseño de miembros cargados axialmente en tensión, miembros sujetos a flexión excepto en el procedimiento basado en capacidad de reserva inelástica, miembros cargados concéntricamente en compresión, miembros sujetos a combinación de carga axial y flexión, entramados livianos, correas y largueros. Lo anterior siempre y cuando los elementos del perfil sean compactos, es decir, el coeficiente de reducción  $\sigma$  sea igual a 1 en las expresiones de cálculo por el método de los anchos efectivos.

### 3.7 Consideraciones de diseño

**3.7.1 Pandeo Torsional.** Debido a que la rigidez torsional de perfiles abiertos como los perfiles en C es proporcional a  $t^3$ , donde  $t$  es el espesor de la lámina, las secciones de lámina delgada tienen una resistencia relativamente baja a la torsión. Adicionalmente en los perfiles en C el centro de gravedad y el centro de corte no coinciden y si se aplica una carga  $P$  a lo largo del

alma o en el ala el centro de corte se desplaza verticalmente y el perfil rota debido al torque producido por la excentricidad del punto de aplicación de la carga – ver Figura 8.

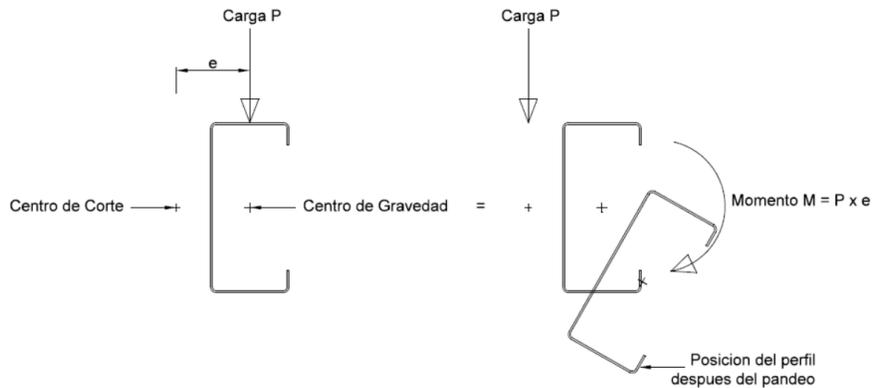


Figura 8. Perfil en C sometido a pandeo lateral flexional - torsional

Para el caso de un perfil C sometido a una fuerza de compresión P el perfil puede presentar un pandeo flexo – torsional. En el caso de un perfil C largo y esbelto sometido a momentos de flexión alrededor de su eje fuerte y sin arriostramiento adecuado se puede presentar un pandeo flexional alrededor de su eje débil. Para prevenir este tipo de fallas los perfiles de lámina delgada se deben restringir lateralmente a ciertos intervalos.

**3.7.2 Pandeo Distorsional.** Un perfil en C sometido a flexión puede presentar un pandeo distorsional cuando el ala a compresión y la pestaña rotan alrededor del punto de intersección entre la aleta y el alma con algún nivel de restricción a la rotación proporcionado por el alma, ver Figura 9.

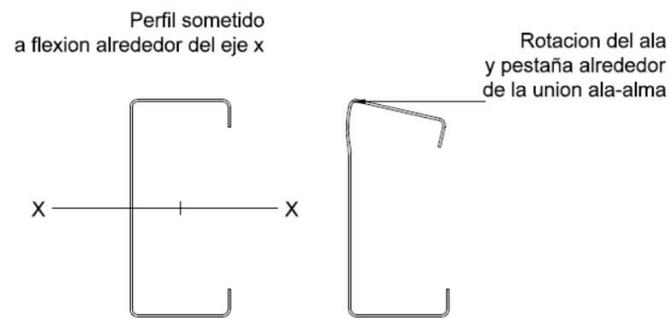


Figura 9. Perfil en C sometido a pandeo distorsional por flexión

Cuando el perfil en C está sometido a compresión puede presentarse pandeo distorsional cuando el perfil experimenta una traslación y una rotación de las aletas y las pestañas alrededor del punto de intersección entre la aleta y el alma.

**3.7.3 Pandeo Local y Resistencia posterior al pandeo.** Los elementos individuales que conforman el alma, las alas y las pestañas de los perfiles de acero liviano por lo general son delgados y poseen altas relaciones ancho – espesor por lo cual puede presentarse un fenómeno de inestabilidad local por pandeo si alguno de los elementos se somete a esfuerzos de compresión cuando los perfiles se someten a fuerzas de compresión, a momentos de flexión o a fuerzas de corte.

En la figura 10 se observan los efectos de pandeo local en vigas y columnas. En este tipo de inestabilidad el ángulo recto entre los elementos se conserva recto.

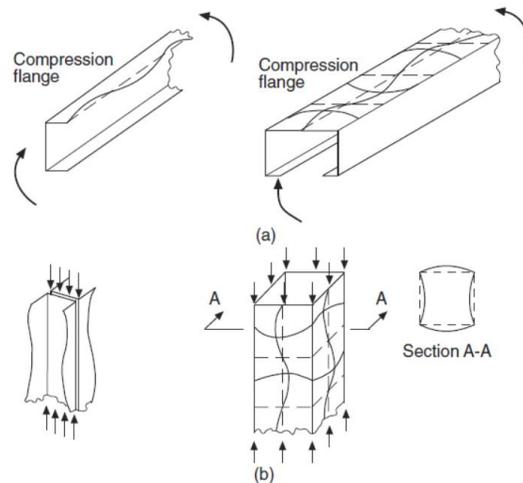


Figura 10. Pandeo local en vigas y columnas (AISI)

Según Cohen y Pekoz (1987) y compilado por La Boube y Yu (2010) los elementos tipo placa bidimensionales sometidos a esfuerzos de compresión con diferentes condiciones de apoyos no fallan cuando se alcanza el esfuerzo crítico de pandeo elástico local; dichos elementos a compresión desarrollan una resistencia mayor debido a una redistribución de esfuerzos después de que ocurre el pandeo local. Esta resistencia posterior al pandeo es mucho mayor a la resistencia del elemento determinada por el esfuerzo crítico elástico de pandeo local cuyo fenómeno es más visible especialmente en elementos con una alta relación ancho – espesor.

**3.7.4 Elementos rigidizados y no rigidizados.** En la conformación de perfiles de acero liviano se logran dos tipos de elementos: rigidizados y no rigidizados.

La condición para que un elemento a compresión se clasifique como elemento rigidizado es que en los dos extremos del elemento esté conectado a un ala, alma, pestaña o rigidizadores intermedios, paralelo a la dirección de los esfuerzos sobre el elemento. Este es el caso de un ala de un perfil en C que está apoyado por el alma y por la pestaña en sus extremos o del alma

apoyada en las aletas - Ver Figura 11. En algunos paneles de cubierta o entrepiso doblados en frío es común que el ala superior se encuentre dividida en elementos rigidizados por el alma y rigidizadores intermedios paralelos a la dirección de los esfuerzos.

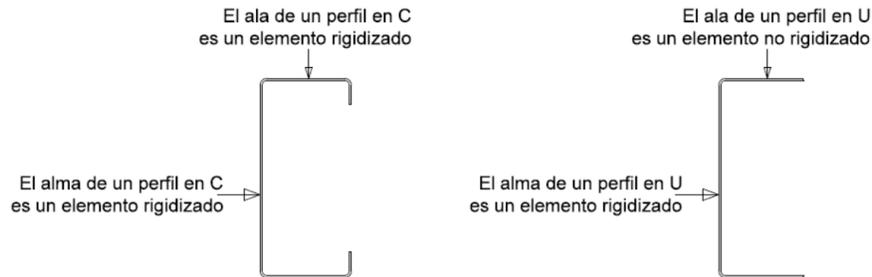


Figura 11. Elementos Rigidizados y No Rigidizados

**3.7.5 Relación ancho – espesor.** El ancho plano para efectos de diseño se toma como la parte recta del elemento sin incluir los dobleces del perfil. En el caso de elementos no rigidizados el ancho plano se determina desde el extremo después del doblez en la intersección con el alma hasta el extremo libre. En la Figura 12 se muestra el ancho de un ala de un perfil con pestañas y de un perfil sin pestañas.

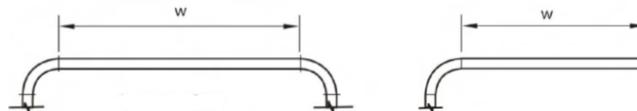


Figura 12. Definición del ancho plano de un elemento

La relación ancho – espesor se define como la relación entre el ancho plano del elemento sobre su espesor y los límites dependen de la metodología de diseño escogida. Las relaciones máximas de ancho – espesor varían con el método de diseño que contempla la norma AISI ya sea

el método de los anchos efectivos o el método de resistencia directa. De acuerdo al método de los anchos efectivos la relación ancho – espesor para el ala de un perfil C sometida a compresión debe ser menor de 60 con el fin de que el tamaño de la pestaña sea moderado, en caso contrario se requeriría una pestaña muy grande para rigidizar la aleta (American Iron and Steel Institute, 2009). La relación ancho – espesor para el alma de un perfil C en compresión debe ser menor o igual a 500 para cualquier método de diseño. La relación ancho – espesor del alma de un perfil C sujeto a flexión está limitada a un rango entre 200 y 300 dependiendo de la presencia de elementos de rigidización adicionales por el método de los anchos efectivos, mientras que el límite máximo es de 300 para el método de la resistencia directa.

**3.7.6 Esfuerzo elástico de pandeo de placas.** La resistencia de un elemento rigidizado a compresión como el ala o el alma de un perfil C puede alcanzar el esfuerzo de fluencia si la relación ancho espesor es pequeño. Si la relación es grande el elemento podría presentar pandeo local y fallar a un esfuerzo menor que el de fluencia.

Si se considera una placa cuadrada simplemente apoyada en sus bordes y sometida a esfuerzos de compresión uniformes la curva que genera el pandeo tiene una curvatura sencilla en las dos direcciones. Sin embargo, la longitud de los elementos individuales que conforman un perfil es mucho más largo que su ancho como se observa en la Figura 13.

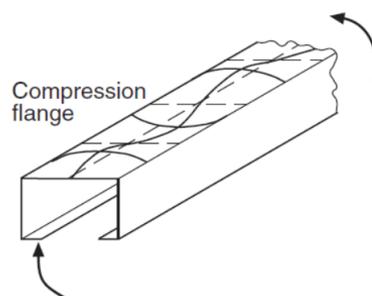


Figura 13. Pandeo elástico del alma de un perfil en C en compresión (AISI)

La siguiente expresión general para el esfuerzo crítico de pandeo local de una placa sometida a esfuerzos de compresión en una dirección (Ecuación de Timoshenko):

$$f_{cr} = \frac{k \pi^2 E}{12(1 - \mu)^2 (\frac{w}{t})^2}$$

El valor de K que se conoce como el coeficiente de pandeo de la placa se puede determinar para diferentes relaciones largo ancho y para placas con relaciones largo ancho mayores a 4 el valor de K es igual a 4 y por tanto el esfuerzo crítico es:

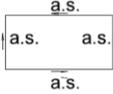
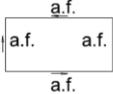
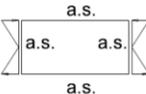
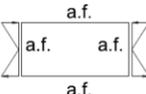
$$f_{cr} = \frac{\pi^2 E}{3(1 - \mu)^2 (\frac{w}{t})^2}$$

Los valores de K para placas rectangulares largas sometidas a diferentes tipos de esfuerzos (compresión, flexión, cortante) y bajo diferentes condiciones de borde (simplemente apoyado, apoyo fijo o apoyo libre) como se observan en la Tabla 1:

Tabla 1.

*Coefficientes de pandeo de placas para varias condiciones de borde y esfuerzos*

Condiciones de Borde	Tipo de Esfuerzo	Valor de K
	Compresion	4
	Compresion	6.97
	Compresion	0.425
	Compresion	1.277
	Compresion	5.42

	Cortante	5.34
	Cortante	8.98
	Flexion	23.9
	Flexion	41.8

a.s. = apoyo simple

a.f. = apoyo fijo

a.l. = apoyo libre

### 3.8 Método de los Anchos Efectivos

El fenómeno de la resistencia posterior al pandeo de elementos rigidizados se basa en que elementos rigidizados en compresión no fallan en el momento en que el esfuerzo de pandeo llegue, sino que continúan soportando mayores esfuerzos debido a una redistribución de esfuerzos a lo ancho de los elementos. La redistribución de esfuerzos se observa si se hace un análisis de una placa cuadrada simplemente apoyada en sus extremos que representa la porción del ala de la sección omega (elemento rigidizado) en compresión de la figura 14 delimitada por los puntos abcd.

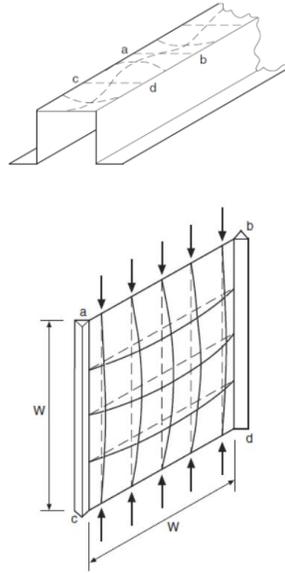


Figura 14. Placa cuadrada sometida a compresión (AISI)

En el momento en que la placa comienza a pandearse los elementos horizontales tratan de impedir que los elementos verticales se continúen deformando. Los esfuerzos de compresión en la placa son uniformes antes de que se presente el pandeo.

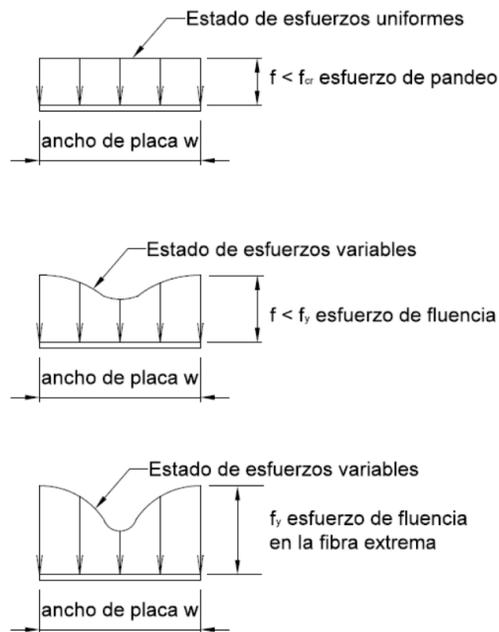


Figura 15. Variación de esfuerzos en un elemento rigidizado sometido a compresión.

Inmediatamente después del pandeo una parte de la carga que genera el pandeo se transfiere a los extremos de la placa lo que ocasiona que los esfuerzos ya no sean uniformes. La redistribución de esfuerzos continua a medida que se incrementan los esfuerzos hasta alcanzar el esfuerzo de fluencia en los extremos de la placa y en este punto la placa comienza a fallar - ver Figura 15, donde  $f_{cr}$  es el esfuerzo de pandeo y  $f_y$  es el esfuerzo de fluencia. La ecuación propuesta para describir la función de esfuerzos  $f$  no fue práctica para su uso en diseño debido a su complejidad por lo tanto Von Karman propuso en 1932 el concepto de anchos efectivos. Este concepto sustituye los esfuerzos no uniformes actuando en el ancho total de la placa por esfuerzos uniformes aplicados en los extremos de la placa en un ancho ficticio sometido al esfuerzo máximo. El ancho ficticio ( $b$ ) se determina de tal manera que el área bajo la curva de los esfuerzos reales sea igual a la suma de las áreas bajo la curva de los esfuerzos ficticios como se observa en la Figura 16.

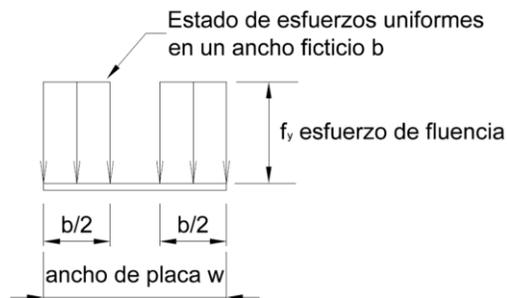


Figura 16. Representación de esfuerzos uniformes en un ancho ficticio

El ancho efectivo también se puede interpretar como un ancho determinado de la placa que pandea cuando el esfuerzo de compresión alcance el esfuerzo de fluencia del acero. El concepto de los anchos efectivos descrito se puede aplicar a otros elementos del perfil y se

pueden obtener anchos efectivos de las almas, alas y pestañas para perfiles en C sometidos a flexión y a compresión como se muestra en la Figura 17.

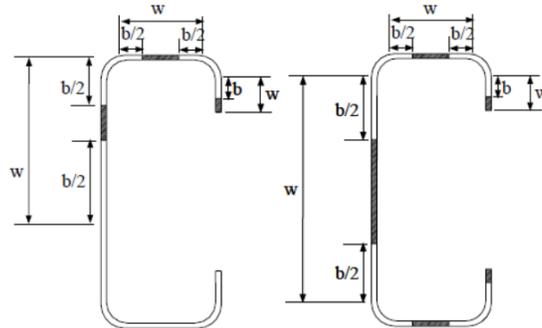


Figura 17. Anchos efectivos en perfiles en C a flexión (izquierda) y a compresión (derecha)

La resistencia a la flexión del alma de un perfil C - ver Figura 18, depende de la relación de esbeltez del elemento ( $h/t$ ), de la relación de aspecto de la placa ( $a/h$ ), de la relación de esfuerzos ( $f_c / f_t$ ), de las propiedades mecánicas del material ( $E$ ,  $f_y$  y  $\mu$ ), de la interacción entre el alma y las alas y adicionalmente el coeficiente de pandeo del alma ( $k$ ) está influenciado por el grado de restricción real en el apoyo de la placa que el ala le proporcione al alma, para lo cual La Boube & Yu (2010) plantea que debido a que una solución analítica que involucre todos estos factores es impráctica, los criterios de diseño desarrollados en las normas están basados en ensayos.

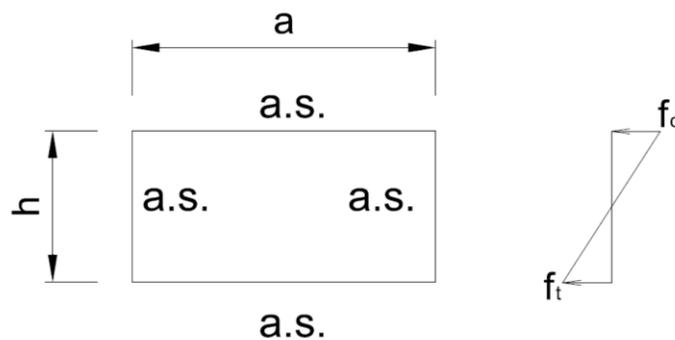


Figura 18. Placa simplemente apoyada sometida a esfuerzos de flexión

En la construcción con lámina delgada usualmente el alma de los perfiles es sometida a perforaciones circulares u ovaladas para la instalación de instalaciones hidrosanitarias, cableado eléctrico y otros servicios – ver Figura 19. Dichas perforaciones afectan la resistencia de los elementos que componen el perfil y por tanto la resistencia global del miembro se ve disminuida.



Figura 19. Perforaciones en parales conformados por perfiles en C (Framecad)

El ancho efectivo de secciones rigidizadas con perforaciones ovaladas y sometidas a compresión uniforme como es el caso del alma de un perfil en C, se calcula asumiendo dos elementos no rigidizados de ancho “c” a cada lado de la perforación. La Figura 20 muestra consideraciones geométricas sobre los cuales aplican las provisiones de la norma incluyendo que el diámetro de la perforación  $d_h$  no puede ser mayor al 50% de la altura total del alma.

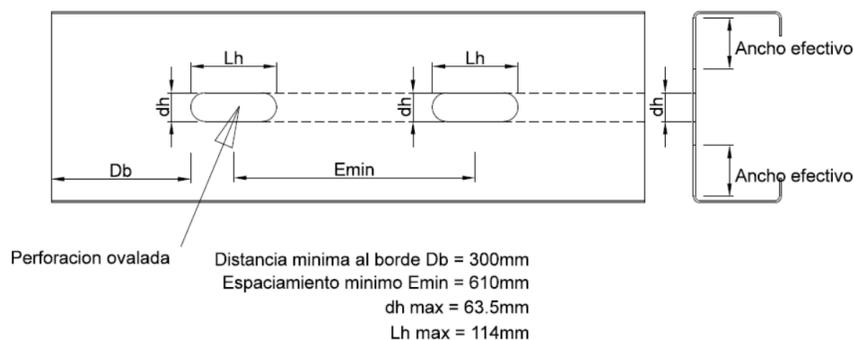


Figura 20. Perfil en C con perforaciones ovaladas

El ancho efectivo a utilizar para diseño se toma como el menor del ancho efectivo de las porciones del alma como elementos no rigidizados y el ancho efectivo del alma como elemento rigidizado sin perforaciones.

### **3.9 Método de la Resistencia Directa**

El método de las secciones efectivas requiere de un costo computacional más alto para perfiles con formas más complejas que un perfil en C debido al número de iteraciones y al cambio de localización del eje neutro dentro del proceso de cálculo de los anchos efectivos. Los elementos que componen un perfil dado están conectados, por lo que al analizar los elementos de los perfiles de manera independiente como se hace en el método de áreas efectivas podría conducir a soluciones menos exactas (Hancock , Murray , & Ellifrit , 2001) Por tal motivo el método de la resistencia directa que se incluyó por primera vez en las normas AISI del 2004, propone el uso de curvas de resistencia con base en soluciones de pandeo elástico para todo el miembro en lugar de analizar los elementos del perfil de manera independiente.

El uso de métodos numéricos posibilita el uso de análisis por elementos finitos para la determinación del comportamiento de los miembros y de esta manera predecir los modos de pandeo local, pandeo distorsional y pandeo global (Schafer, 2006).

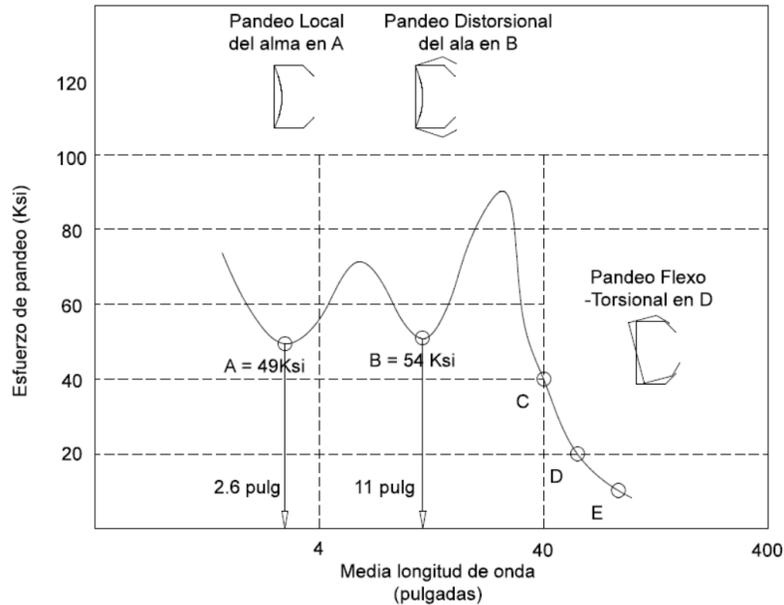


Figura 21. Modos de pandeo de un perfil en C sometido a compresión. (Hancock , Murray , & Ellifrit , 2001)

En la figura 21 se observan los esfuerzos de pandeo local (A), distorsional (B) y global (D) y sus correspondientes longitudes de onda media para un perfil en C sometido a compresión. La interacción entre los modos está considerada en la solución del pandeo elástico para el perfil en C pero se podría extrapolar para perfiles con formas más complejas.

En este método se extraen los valores de los esfuerzos críticos local y distorsional y se convierten en cargas críticas local ( $P_{cr1}$ ) y distorsional ( $P_{crd}$ ) al multiplicar los esfuerzos de la gráfica por el área bruta de la sección. El esfuerzo de pandeo global se obtiene con base en el esfuerzo de pandeo calculado con base en la norma AISI y se puede convertir a una carga crítica ( $P_{ne}$ ) de pandeo haciendo uso del área bruta de la sección. Relacionando  $P_{ne}$  y  $P_{cr1}$  se puede determinar la resistencia de pandeo local ( $P_{n1}$ ) y de la misma forma relacionando  $P_{ne}$  y  $P_{crd}$  se

puede obtener la resistencia de pandeo distorsional  $P_{nd}$ . La resistencia nominal del miembro es la menor de  $P_{nl}$  y  $P_{nd}$ .

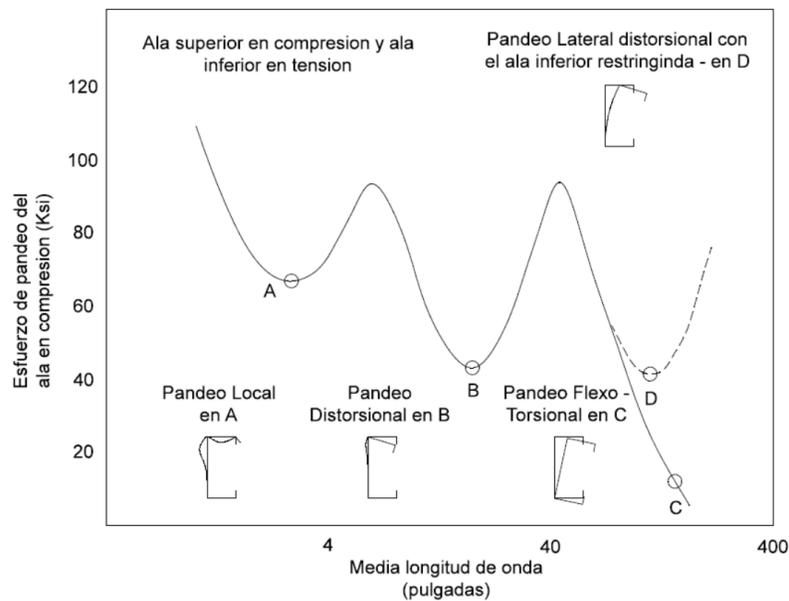


Figura 22. Modos de pandeo de un perfil en C sometido a flexión (Hancock, Murray, & Ellifrit, 2001)

En la figura 22 se observan los esfuerzos de pandeo local (A), distorsional (B) y global (D) y sus correspondientes longitudes de onda media para un perfil en C sometido a flexión.

De la misma manera de esta gráfica se obtienen los valores de los esfuerzos críticos local y distorsional y se convierten en momentos críticos local ( $M_{crl}$ ) y distorsional ( $M_{crd}$ ) al multiplicar los esfuerzos de la gráfica por el módulo de la sección bruta del perfil. El esfuerzo de pandeo global se obtiene con base en el esfuerzo de pandeo calculado con base en la norma AISI y se puede convertir a un momento crítico ( $M_{ne}$ ) de pandeo haciendo uso del módulo de la sección bruta del perfil. Relacionando  $M_{ne}$  y  $M_{crl}$  se puede determinar la resistencia de pandeo local ( $M_{nl}$ ) y de la misma forma relacionando  $M_{ne}$  y  $M_{crd}$  se puede obtener la resistencia de pandeo distorsional  $M_{nd}$ . La resistencia nominal del miembro es la menor de  $M_{nl}$  y  $M_{nd}$ .

### 3.10 Conexiones atornilladas

Las conexiones entre miembros de acero de lámina delgada se pueden hacer con soldadura, pernos y tornillos principalmente. En este trabajo se utilizan solo conexiones atornilladas. Los requerimientos para este tipo de conexiones se encuentran en el capítulo E.4 de la norma AISI y F.4.5.4 de la NSR10 y aplican para tornillos con rosca realizada por laminación por corte y para diámetros entre 2mm y 6.35mm.

Tabla 2.

#### *Diámetros de tornillos de acero*

Número del Tornillo	Diámetro nominal	
	pulgadas	mm
0	0.060	1.52
1	0.073	1.85
2	0.086	2.18
3	0.099	2.51
4	0.112	2.84
5	0.125	3.18
6	0.138	3.51
7	0.151	3.84
8	0.164	4.17
10	0.190	4.83
12	0.216	5.49
14	0.250	6.35

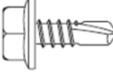
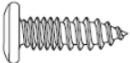
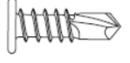
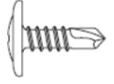


Nota: Adaptado de (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, 2010)

Existen muchos tipos de tornillos para diferentes aplicaciones. En la Tabla 3 se muestran los principales tipos.

Tabla 3.

*Tipos de tornillos de acero*

	Tipo de Cabeza y herramienta de apriete			Tipo de punta	
1. Hexagonal				Broca	
2. Pancake/Plana - Estrella				Broca/Fina	 
3. Pan - cuadrada				Fina/Broca	 
4. Pancake - Phillips				Broca	
5. Redonda - Phillips				Broca	
6. Wafer – Estrella y Phillips				Broca/Broca y alas	 
7. Bugle - Phillips				Broca	

El espaciamiento mínimo entre tornillos debe ser mayor a 3 veces el diámetro del tornillo (3d) y la distancia mínima al borde debe ser mínimo 1.5 veces el diámetro del tornillo (1.5d).

Las conexiones atornilladas sometidas a corte pueden fallar en uno de los siguientes modos o en combinación de varios modos: corte del tornillo, desgarramiento del borde, inclinación y posterior desgarramiento del tornillo, desgarramiento del material en contacto con el tornillo y aplastamiento de los materiales conectados.

La longitud de los tornillos está especificada dependiendo del tipo de cabeza. Por ejemplo, para tornillos hexagonales la longitud se mide desde la cara inferior de la cabeza del tornillo hasta la punta del mismo y para cabezas tipo wafer la longitud se mide desde la cara superior de la cabeza del tornillo hasta su punta.

En la Tabla 4 se muestran los espesores de láminas de acero típicas a conectar con diferentes tipos de tornillos para algunas aplicaciones.

Tabla 4.

*Aplicaciones típicas de tornillos*

<b>Tipo - Número del Tornillo</b>	<b>Longitudes (mm)</b>	<b>Aplicación</b>
Tipo 1 – 10, 12 y 14	16, 19, 20 y 25	Fijar láminas de acero de 0.75mm a 2.0mm
Tipo 2 – 10 y 12	19	Fijar láminas de acero de 0.75mm a 0.95mm con punta fina y 0.95mm a 1.55mm con punta de broca
Tipo 3 - 10	16 y 19	Fijar láminas de acero de 0.55mm a 0.95mm con punta fina y 0.95mm a 1.20mm con punta de broca
Tipo 4 – 10 y 12	16 y 19	Fijación de riostras de acero a muros
Tipo 5 – 8 y 10	16, 19 y 32	Fijación de barreras de vapor o aislamiento
Tipo 6 – 8 y 10	25, 35, 40 y 45	Fijación de tableros de recubrimiento (fibra cemento, OSB, Plywood)
Tipo 7 - 6	32	Fijación de tableros de recubrimiento (placa de yeso, magnesio)

La resistencia a cortante de los tornillos debe ser determinado por el fabricante can base en ensayos de acuerdo a los protocolos de la norma. La norma AISI S100 aplica un 25% de ajuste al factor de reducción de resistencia, en el caso de diseño por LRFD, a los valores obtenidos con base en ensayos de acuerdo a la sección F1, con el fin de prevenir una falla frágil en el tornillo. En la Tabla 5 se muestran valores nominales de resistencia al corte y a la tensión proporcionados por el fabricante (Mitek Industries., 2019).

Tabla 5.

*Capacidades nominales de tornillos a corte y tensión*

Número del Tornillo	Diámetro de arandela (mm)	Capacidad Nominal por Cortante (KN)	Capacidad Nominal por Tensión (KN)
10	9.525	7.65	11.82
12	9.525	9.66	15.81
14	12.7	13.20	21.42

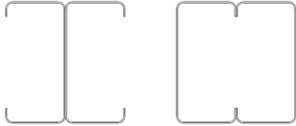
Nota: Adaptado de (Mitek Industries., 2019)

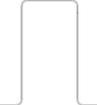
**4. Componentes del Sistema de acero conformado en frío y Sistemas constructivos****4.1 Tipos de perfiles**

En los componentes del Sistema de Acero Conformado en Frío y Sistemas Constructivos; existen muchas formas de perfiles de lámina delgada dependiendo del tipo de aplicación y del fabricante. Los perfiles de lámina delgada se pueden clasificar en dos tipos: miembros estructurales independientes y láminas colaborantes. La Tabla 6 muestra algunas formas comunes.

Tabla 6.

*Tipos de perfiles comunes en acero conformado en frío*

Tipo de Perfil	Aplicación
Perfil C, Perfil U 	Muros, viguetas, cerchas
Perfil C doble 	Parales de muros, cordones de cerchas

Perfil Z		Purlins, arriostramiento
Perfil Omega		Arriostramiento, fijación del recubrimiento
Otros		Columnas, fijación del recubrimiento

En Colombia las formas más típicas incluyen perfiles en forma de C o tipo canal, los perfiles tipo Z, los perfiles tipo omega y perfiles ensamblados en forma de I. Los perfiles C se usan principalmente para conformar muros estructurales, cerchas en celosía y entrepisos reticulados. Los perfiles tipo Z y tipo omega se usan principalmente como correas en cubiertas, mientras que los perfiles ensamblados en forma de I se usan principalmente en muros estructurales. Además de sus dimensiones los perfiles dependiendo del fabricante también se clasifican por sus dimensiones o según el acabado. Sin embargo, las secciones más comunes en construcción residencial y que se usaran para la conformación del sistema estructural del presente trabajo son los perfiles C. En general, la profundidad de los perfiles en C varía en un rango entre 50.8mm y 305mm y el espesor entre 0.75mm y 6.35mm. Los perfiles a utilizar en este trabajo corresponden a los fabricados con tecnología Framacad y corresponden a los tamaños y espesores mostrados en la Tabla 7.

Tabla 7.

*Perfiles en C para el diseño de la estructura en acero*

Perfil	Alma (mm)	Ala (mm)	Pestaña (mm)	Espesores (mm)
C	89	41	11	0.75 – 1.55
U	89	41	N/A	0.75 – 1.55

La función primaria de los perfiles es conformar el sistema de resistencia estructural primario por lo tanto la resistencia y rigidez de los mismos constituyen las principales consideraciones en el proceso de diseño. En edificios de más de 3 pisos es frecuente combinar perfiles de diferentes tamaños especialmente para conformar los muros portantes para optimizar el diseño ante cargas gravitacionales. Sin embargo, para estructuras residenciales de hasta 3 niveles se suele adoptar una sección máxima de 89 mm de alma.

## 4.2 Sistemas constructivos

La construcción de estructuras con perfiles de acero liviano se puede dividir en tres sistemas dependiendo del sitio donde se ejecute el ensamblaje, la logística disponible para la fabricación, ensamblaje y transporte (Smith, 2011).

Tabla 8.

### *Niveles de prefabricación*

<b>Nivel</b>	<b>Componentes</b>	<b>Descripción de la Tecnología</b>
0	Materiales	Actividades en la obra intensificadas. Concreto, Mampostería.
1	Componentes	Componentes fabricados que se usan en el proceso de construcción
2	Elementos o sistemas planos	Ensamblajes en 2 dimensiones. Muros ensamblados. Cerchas y entrepisos
3	Sistemas volumétricos	Ensamblajes en 3 dimensiones que se pueden combinar con sistemas planos
4	Sistema completamente terminado	Módulos completamente terminados antes de llevarlos a la obra

**4.2.1 Ensamblaje en la obra.** Este sistema es el sistema constructivo más básico y es similar al sistema constructivo empleado con sistemas livianos de madera (Bateman, 1997). Los perfiles se transportan individualmente a la obra y dependiendo del proveedor ya pueden ir

despiezados y con las perforaciones requeridas. Las piezas se deben medir individualmente de acuerdo a los planos de ensamblaje y cortar en la obra para luego unirlos y conformar el sistema de ensamblaje requerido si se utilizan perfiles cortados a longitudes estándar como los producidos por el fabricante en Colombia Acesco. Sin embargo, existen tecnologías que producen las piezas cortadas a la medida con lo cual se reducen los tiempos de ensamblaje. Después del ensamblaje estructural se fijan los demás elementos necesarios para asegurar los niveles de desempeño térmico, acústico y de resistencia al fuego especificado, además de las redes hidrosanitarias y demás servicios.

Las principales ventajas de este sistema son:

- Se pueden acomodar grandes tolerancias constructivas.
- Hasta cierto grado puede acomodar imprevistos de diseño o cambios de último minuto sin agregar mayores costos.
- No se requiere infraestructura para la fábrica de producción de perfilería ni acopio de materiales.
- Requiere de técnicas de construcción relativamente sencillas para el montaje.
- Los perfiles individuales se pueden embalar densamente optimizando los costos de transporte y acopio de materiales en obra.
- Alta velocidad de fabricación de la perfilería.

Las principales desventajas de este sistema son:

- Las actividades de ensamblaje en la obra tardan más tiempo.
- Mayor permanencia en obra por lo tanto mayores costos por mano de obra.
- Da espacio para una menor calidad de obra debido a que todas las actividades son hechas en obra.

- Mayor desperdicio inherente a las labores manuales de ensamblaje de los componentes e imprevistos. Sin embargo, el uso de un sistema patentado como el de Framacad permite minimizar el desperdicio.
- No cumple con todos los elementos de un sistema industrializado ya que se pueden afectar los tiempos de espera y la productividad.
- Alto nivel técnico del personal en la obra.

**4.2.2 Construcción panelizada.** Este sistema permite realizar varias etapas bajo un ambiente de manufactura controlada en la fábrica, ensamblando los perfiles a medida que se van produciendo para conformar los sistemas de muros, entrepiso y cubierta (Bateman, 1997). Los paneles completamente ensamblados son llevados a la obra y para su montaje se hace necesario de personas únicamente si el peso del panel lo permite o con grúas para el izaje y transporte si el peso o las dimensiones lo requieren. Este tipo de construcción es muy eficiente especialmente si el panelizado se estandariza y permite la construcción en serie de paneles de las mismas dimensiones.

El acero liviano es adecuado para la panelización gracias a que los perfiles se fabrican con alto grado de precisión para cumplir con las tolerancias requeridas y su bajo peso simplifica las actividades de maniobra y transporte. Existen varios sistemas patentados como el de Framacad que es ideal para este sistema constructivo dado que todas las piezas fabricadas en la máquina salen listas para ser ensambladas.

Los paneles se pueden transportar a la obra con los demás componentes ya fijados a la estructura tales como el material de aislamiento, redes hidrosanitarias incluyendo algunos de los materiales de cerramiento y acabados.

Las principales ventajas de este sistema son:

- Cumple con todos los elementos de un sistema industrializado.
- Mayor calidad de todos los procesos que son ejecutados en la fábrica.
- Posibilidad de incluir los componentes de aislamiento, redes y cerramientos en la fábrica.
- Menor tiempo de montaje reduciendo el costo de la mano de obra.
- Menor personal calificado en obra.
- Menor desperdicio debido a que las actividades se realizan en ambientes controlados.
- Permite que el retorno de la inversión comience más temprano debido a la puesta en servicio más temprana de la edificación.
- Integración con tecnologías computarizadas BIM permitiendo la optimización de todas las etapas desde el concepto arquitectónico, diseño estructural, diseño de redes, planeación de la construcción, construcción y posterior legado de los planos construidos que permita con bastante precisión y menores costos realizar futuras actividades de renovación, mantenimiento o alteración a la estructura.

Las principales desventajas de este sistema son:

- Requiere de un mercado maduro donde todas las partes involucradas en la planificación y ejecución de todas las etapas del proyecto estén sincronizadas y todas las etapas sean cuantificables en el costo total.
- Requiere de una infraestructura para las actividades de fabricación, ensamblaje y acopio de materiales y componentes.
- Cambios arquitectónicos significativos de último momento después de fabricados los perfiles pueden generar costos adicionales al proyecto.

En la Figura 23 se observa un panel de fachada terminado hasta cierto grado por la cara externa y sin recubrimiento por la cara interna.



*Figura 23. Construcción panelizada (Arcelor & Staal, 2008)*

**4.2.3 Construcción modular.** La construcción modular es quizás el sistema de construcción más complejo y de mayor madurez a través del cual se construyen módulos en la fábrica con todos los componentes necesarios incluidos los acabados. Debido al tamaño de los módulos se requieren equipos de mayor capacidad para la maniobra y transporte a la obra. Adicionalmente se requiere de sistemas de conexión especializados normalmente utilizando conexiones pernadas para que las conexiones entre módulos en la obra sean fáciles y rápidas de realizar. Las aplicaciones de la construcción modular no se limitan al área residencial únicamente, sino que también se aplican exitosamente en construcción de hoteles, campamentos y módulos de baños.

Según Kim (2019) las principales ventajas de este sistema son:

- Casi todo el trabajo se desarrolla en ambientes controlados en la fábrica logrando una alta calidad en todos los componentes.

- Un alto porcentaje del costo total se optimiza debido al proceso industrializado inherente al sistema. Varias actividades se pueden desarrollar en paralelo.
- Se minimiza el tiempo en la obra reduciendo los costos de mano de obra.
- Reducción del impacto ambiental y riesgos de seguridad en la construcción y en el área de influencia de la obra.
- Integración con tecnologías computarizadas BIM permiten minimizar o eliminar problemas en el montaje de los módulos.
- Permite que el retorno de la inversión comience más temprano debido a la puesta en servicio más temprana de la edificación.

Las principales desventajas de este sistema son:

- Al igual que el sistema panelizado requiere de un mercado maduro donde todas las partes involucradas en la planificación y ejecución de todas las etapas del proyecto estén sincronizadas y todas las etapas sean cuantificables en el costo total.
- Requiere de una infraestructura para las actividades de fabricación, ensamblaje y acopio de materiales y módulos terminados.
- Mayor costo inicial de cálculo estructural y detalles de conexiones entre módulos ya que no obedecen a soluciones estándar.
- Mayor riesgo inherente a la eficiencia del diseño estructural del sistema modular, control de tolerancias de construcción que conlleven a mayores esfuerzos en la etapa de ensamblaje y el desempeño de resistencia al fuego de la estructura ensamblada.
- La conformación de módulos como en la Figura 24 puede limitar la arquitectura.



*Figura 24. Construcción modular*

En construcción modular dependiendo de la altura de la estructura y del concepto arquitectónico se pueden conformar módulos cerrados por los cuatro lados o parcialmente abierto por uno de sus lados. Los módulos se conforman con paneles en 2 dimensiones para las paredes y entrepisos, son auto portantes y se diseñan para soportar el peso de los módulos que vayan a soportar. Los pares de las paredes portantes transfieren la carga gravitacional entre módulos y el número de módulos que se puedan construir depende del tamaño y espesor de los perfiles. El tamaño de un módulo típico está en el rango de 4m de ancho por 6m a 10m de largo. Las columnas en las esquinas del módulo están compuestas por perfiles más robustos y se diseñan tanto para cargas gravitacionales, laterales y de tensión ya que el peso del módulo es resistido por las 4 esquinas durante el izaje. La profundidad de las vigas de entrepiso oscila entre 250 y 350 mm. La conexión entre módulos se completa con placas de acero y uniones empernadas. Los módulos abiertos por un lado deben rigidizarse temporalmente durante el transporte y el izaje.

La estabilidad lateral de la estructura para edificaciones de poca altura se puede alcanzar con los sistemas de resistencia lateral estándar como riostras de acero o paneles estructurales fijados a los muros.

Según Lawson, Ogden y Bergin (2012) la construcción modular puede usarse en edificaciones residenciales hasta de 25 pisos siempre y cuando el sistema lateral sea mixto con pórticos resistentes a momento de concreto o acero. En los tres casos de estudios en esta referencia (12, 17 y 25 pisos) se menciona que el rango de consumo de acero fue de 67 a 117 Kg/m<sup>2</sup>, los componentes modulares conformaron el 45% de los costos totales y el tiempo de construcción se redujo en más del 50%.

### **4.3 Componentes del sistema estructural en acero conformado en frío**

La construcción con acero liviano utiliza principalmente los siguientes componentes estructurales: muros, entrepisos, cubierta, arriostramiento lateral y conexiones.

**4.3.1 Muros.** Los muros pueden clasificarse en dos tipos dependiendo de si cumplen una función estructural o no dentro de la edificación: muros portantes y muros no portantes. Los muros portantes son elementos ensamblados con miembros estructurales individuales capaces de sostener y transmitir cargas gravitacionales en su plano y perpendicular al mismo. Si a estos muros se les provee de un sistema de resistencia ante cargas laterales también pueden desempeñar la función de ser muros de corte.

Las principales piezas que conforman los muros son:

- **Paral:** es un perfil tipo C usado como elemento vertical y espaciado uniformemente a lo largo del panel.

- Solera: es un perfil tipo C usado como elemento horizontal ubicado en los extremos superior e inferior de los parales.
- Riostra horizontal: es un perfil tipo C usado como riostra para reducir la longitud de pandeo de los parales en diferentes puntos a lo largo del paral.
- Dintel: porción arriba de los vanos. Puede ser estructural, no estructural o combinada y está conformada por unas celosías que conectan al canal guía inferior y a la solera superior del panel.
- Cordón inferior del dintel: perfil tipo C usado como cordón inferior del dintel reticulado.
- Antepecho: perfil tipo C usado como elemento de cierre de la zona de la pared por debajo del vano.

En la Figura 25 se muestra un muro ensamblado y sus partes.

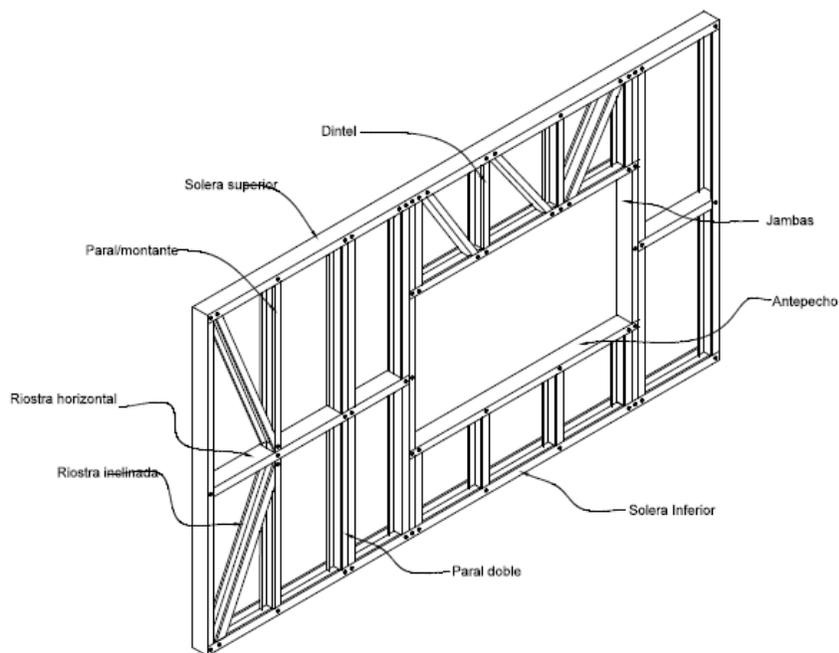


Figura 25. Partes de un muro

El diseño de muros de acero de lámina delgada debe cumplir con las normas AISI S100, AISI S200 y NSR10. A continuación se enumeran las consideraciones de diseño para muros (National Association of Steel Framed Housing NASH, 2009):

- Muros portantes deben ser capaces de soportar las cargas de diseño de cubierta y entresijos.
- Muros no portantes deben soportar su propio peso y pueden soportar cargas de sistemas de cielo raso.
- Muros exteriores deben soportar la presión de viento neta perpendicular al plano del muro y efectos de la acción de viento sobre la cubierta.
- Muros internos deben diseñarse para la presión diferencial de viento interna actuando en las dos caras del muro junto a otras cargas aplicables.
- Muros deben soportar cargas de impacto.
- Muros deben diseñarse para cargas producidas durante la etapa de construcción.

**4.3.1.1 Parales.** Los parales de muro se pueden diseñar omitiendo la contribución a la resistencia proporcionada por la acción compuesta con el material de revestimiento en cuyo caso la resistencia depende de los perfiles de acero únicamente (American Iron and Steel Institute, 2009) Los parales se pueden diseñar también incluyendo la acción compuesta del revestimiento, en cuyo caso los tableros deben fijarse a las alas del paral por los dos lados y a las soleras superior e inferior para prevenir el pandeo lateral y torsional. En este método de diseño se debe asumir el mismo tablero de revestimiento por ambas caras o si los tableros son diferentes se debe asumir para efectos de diseño el tablero más débil por las dos caras. De igual manera, se debe

especificar claramente e los planos que el revestimiento es estructural. Para efectos de este proyecto se utilizará el primer método sin incluir el material de revestimiento.

Las propiedades de la sección se pueden calcular por métodos convencionales usados en el cálculo estructural excepto cuando se requiera el cálculo de secciones reducidas con base en el método de áreas efectivas especificado en las normas. Los extremos de los parales se deben conectar a las soleras de tal manera que la rotación alrededor del eje longitudinal se prevenga y no se presenten desplazamientos laterales perpendiculares al eje del paral.

Para el diseño a carga axial en compresión de los parales sin considerar el revestimiento, se deben seguir los lineamientos del capítulo E de la norma AISI S100 – 2016, para obtener la resistencia a carga axial. El factor de longitud efectiva  $K*L$  puede obtenerse por análisis racional o por ensayos o los factores de longitud efectiva  $K_x$ ,  $K_y$  y  $K_t$  deben tomarse como 1.0 en ausencia de ensayos. La longitud no arriostrada con respecto al eje  $x$   $L_x$  debe tomarse como la distancia entre las soleras y las longitudes  $L_y$  y  $L_t$  deben tomarse como la distancia entre puntos de arriostramiento horizontal.

Para el diseño a flexión sin considerar revestimiento deben seguirse los lineamientos del capítulo F de la norma AISI S100 – 2016, para el cálculo de la resistencia a flexión. Para el diseño a corte sin importar si se considera o no el revestimiento debe seguirse los lineamientos del capítulo G de la norma AISI S100 – 2016, para el cálculo de la resistencia al corte. Para acciones combinadas de carga axial y flexión deben seguirse los lineamientos del capítulo H de la norma AISI S100 - 2016 y cumplirse las ecuaciones de interacción especificadas.

El diseño de conexiones debe seguir los lineamientos del capítulo J de la norma AISI S100 – 2016, para el cálculo de conexiones atornilladas.

**4.3.1.2 Riostras Horizontales y antepechos.** Las riostras horizontales de parales diseñados por flexión deben diseñarse con base en el capítulo C de la norma AISI S100 - 2016. Las riostras horizontales de parales diseñados a compresión deben diseñarse para el 2% de la carga de diseño de compresión actuante sobre el paral. Las riostras horizontales de parales diseñados a flexión y compresión combinados, deben diseñarse para las fuerzas combinadas determinadas con base en el capítulo C de la norma AISI S100 - 2016 y el 2% de la carga de diseño de compresión actuante sobre el paral. Los estados de servicio deben evaluarse con base en la función especificada del muro y los estados de falla descritos anteriormente.

Las riostras horizontales adicionalmente deben revisarse a flexión utilizando una carga puntual de 1.1KN que representa el peso de un trabajador apoyado en dicho miembro.

**4.3.1.3 Soleras.** Las soleras deben diseñarse como elementos tipo viga para soportar las reacciones de cerchas o viguetas apoyadas en muros donde no exista alineamiento vertical con los parales. Las soleras no se diseñan para transferir las cargas laterales a los muros de corte ya que se asume que los diafragmas horizontales de entrepiso, cielo raso o cubierta cumplen esta función. Las soleras deben ser dimensionadas de tal manera que sean estables lateralmente. Un perfil en C con pestañas soportando esfuerzos de flexión alrededor del eje principal menor es adecuado generalmente.

En estructuras sometidas a altas presiones de viento la conexión entre solera y paral podría ser crítica. El modelo estructural usado para solucionar soleras es una viga continúa apoyada en los parales y los estados de falla de flexión y corte para soleras superiores deben ser considerados. Las soleras inferiores por lo general están apoyadas continuamente en la

cimentación o en vigas principales y deben diseñarse para efectos de succión por carga de viento donde sea aplicable.

Cuando la solera superior pertenece a un muro no portante se utiliza un perfil tipo U que permita el desplazamiento del sistema de entrepiso sin que se le transfieran cargas verticales a los parales. En este caso la solera se fija a la cara inferior del entrepiso y las aletas son perforadas con unos agujeros alargados que permitan el movimiento vertical de la solera sin transferir carga a los parales – ver Figura 26.

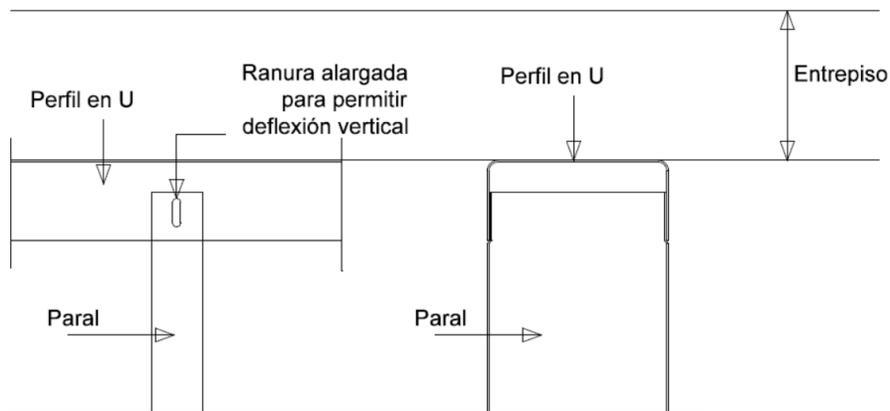


Figura 26. Perfil en U para deflexión vertical en muros no portantes

**4.3.1.4 Dinteles.** Los dinteles estructurales se diseñan como vigas reticuladas para transferir las cargas verticales a las jambas que son los parales ubicados a los lados de los vanos. Los dinteles pueden ser elementos independientes o ser parte integral del muro – ver Figura 27.

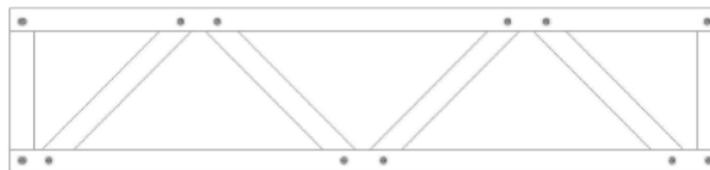


Figura 27. Dintel reticulado

La estructura en celosía para el dintel se ensambla con perfiles en C y su diseño corresponde a un elemento similar a una cercha en donde la flexión se transfiere en forma de fuerzas axiales a los cordones superior e inferior y celosías intermedias. Las conexiones entre celosías y cordones son atornilladas de tal manera que las celosías se revisan a fuerza axial únicamente ya que no hay restricción a la rotación. Si el dintel se diseña como un miembro independiente este debe ser estable lateralmente sin puntos de apoyo lateral excepto en sus extremos.

Generalmente se utilizan perfiles de lámina delgada en forma de L que se fijan a los cordones para obtener una resistencia más alta a la flexión y al corte. La contribución de la resistencia del dintel reticulado y del perfil en L se suma para obtener la resistencia total del elemento. Las deflexiones máximas permitidas son las requeridas para que no se afecte el marco de la ventana o puerta por efectos del movimiento vertical del dintel. Igualmente se debe revisar que las deflexiones no sean visibles. Los perfiles usados como antepechos y cordón inferior del dintel reticulado deben revisarse a flexión por efectos de cargas de viento perpendicular al plano de la pared. Se asume que el marco de la ventana o la puerta transfieren la carga de viento perpendicular a la pared a las jambas ubicadas a los lados de los vanos.

Estos elementos deben diseñarse como vigas simplemente apoyadas. Perfiles en C soportando esfuerzos de flexión alrededor del eje principal mayor son adecuados para la función del antepecho.

**4.3.1.5 Ensamblaje de Muros.** La nivelación y alineamiento de los miembros que conforman los muros deben ser precisas. Un sistema no patentado y no automatizado estará sujeto a mayores actividades en el proceso de ensamblaje generalmente hecho en obra para

lograr que los parales queden alineados verticalmente mientras que un sistema patentado tipo Framcad permite que la verticalidad se logre intrínsecamente debido a la precisión en los procesos de diseño, detallamiento, fabricación y ensamblado en la fábrica.

Los parales deben ser instalados verticalmente y deben verificarse a través de niveles de burbuja. Las cerchas o viguetas localizadas arriba o debajo de los muros portantes deben estar dentro de una distancia de 20mm medidas entre ejes de las cerchas o viguetas y los ejes de las aletas de los parales, para que la transferencia de carga se haga directamente al paral (National Association of Steel Framed Housing NASH, 2016). En caso de no cumplirse con esta tolerancia, la transferencia de carga debe hacerse a través de un miembro paralelo a la solera que actúe como puente para distribuir la carga de cubierta o entrepiso a los parales.

La cimentación debe quedar nivelada y en caso contrario el espacio entre el nivel de la cimentación que sirve de apoyo a los muros y la solera inferior debe tener una tolerancia inferior a 6.4mm. Para lograr la nivelación adecuada se permite el uso de mortero fluido de alta resistencia o cuñas colocadas por debajo de la solera alineada con los parales.

El concreto de la cimentación puede activar la reacción química del acero galvanizado si estos materiales entran en contacto directo debido a la humedad del concreto y su alto nivel de alcalinidad. A pesar de que la reacción se reduce a medida que el concreto cura es recomendable instalar una barrera o elemento aislante tal como una espuma de neopreno que impida la transferencia de humedad del concreto al acero durante la vida útil de la estructura para prevenir la corrosión del acero. La misma precaución se debe tener si se utilizan morteros para solucionar posibles problemas de nivelación de la placa de cimentación.

El espaciamiento entre parales además de ser un resultado del cálculo estructural también debe revisarse para que no sobrepase la luz máxima permitida por el fabricante de los tableros de

revestimiento. Los extremos de los parales deben ser cortados en ángulos rectos y deben apoyarse uniformemente y de manera ajustada dentro de las soleras superior e inferior de tal manera que la tolerancia máxima para el espacio entre el paral y la cara interna de la solera sea inferior a 3.18mm.

**4.3.1.6 Sistemas de revestimiento.** Los sistemas de revestimiento están conformados por los tableros que se fijan a la estructura de acero de la pared y que pueden adicionalmente utilizarse como tableros estructurales para conformar el sistema de resistencia ante cargas laterales dependiendo de sus características de resistencia. Los tableros de cerramiento son un tipo de componentes que definen la envolvente de la estructura y deben ser especificados para transmitir las presiones de viento y cargas de impacto a la estructura de acero. Existen normas que definen el desempeño estructural de los tipos de tableros en función de ensayos bajo diferentes tipos de carga y así determinar su resistencia, así como también definen los ensayos para la clasificación de los tableros en función de la durabilidad de los adhesivos usados en el proceso de manufactura.

Los componentes de un sistema de revestimiento deben escogerse en función de los siguientes factores:

- Comportamiento estructural.
- Protección contra incendios.
- Impermeabilidad.
- Requerimientos térmicos y acústicos.
- Durabilidad.

Los tableros para el revestimiento de las paredes más comunes en el entorno Latinoamericano se detallan a continuación.

**4.3.1.6.1 Tablero de Madera OSB (Oriented Strand Board).** Son tableros conformados por capas sucesivas de fibras orientadas mezcladas con ceras y adhesivos las cuales se disponen perpendicularmente para posteriormente ser sometidas a altas temperaturas y presiones. Los tableros OSB con fines estructurales deben cumplir con normas AISI la cual utiliza como referencia las normas de la APA (The Engineered Wood Association PS1 o PS2), las cuales contienen valores mínimos de referencia de rigidez y resistencia a la flexión, cargas distribuidas ultimas, cargas de impacto, deflexión y tolerancias de espesores. En la Figura 28 se observan estructuras de acero liviano revestidas con tableros OSB.



*Figura 28.* Estructura revestida en OSB (Framecad)

En Latinoamérica existen fabricantes de tableros OSB que cuentan con la certificación de la APA lo que los obliga a mantener unos laboratorios con los equipamientos calibrados de acuerdo a los estándares establecidos. Los fabricantes certificados someten sus productos normalmente a ensayos de flexión, corte, compresión e impacto paralelo y perpendicular.

Adicionalmente ejecutan ensayos de propiedades físico-mecánicas como el contenido de humedad, densidad, hinchamiento y expansión que contribuyen a asegurar la calidad de los tableros.

Las dimensiones típicas de los tableros son de 1.20m x 2.40m para el sistema métrico o 1.22m x 2.44m para el sistema imperial, lo que permite optimizar la modulación de los tableros a un espaciado entre paralelos típico de 0.40m o 0.60m, y son producidos en espesores de 9mm, 12mm, 15mm y 18mm. La orientación de los tableros puede ser horizontal o vertical y el espaciamiento entre tornillos, así como la mínima distancia al borde, debe seguir las especificaciones del fabricante. Las normas AISI para el diseño ante cargas laterales especifican un espaciamiento entre tornillos alrededor del perímetro del tablero de 50mm, 75mm, 100mm o 150mm y de 300mm para el espaciamiento entre tornillos sobre los apoyos internos.

Los tableros OSB pueden utilizarse como cerramientos de las caras interna o externa de las paredes. Sin embargo, debido a las características de los adhesivos utilizados para su fabricación, el OSB no está diseñado para trabajar en forma desprotegida de manera permanente. Si bien una exposición normal a las condiciones climáticas no afecta las características estructurales del OSB, se debe proteger de la humedad y no debe someterse a la intemperie por lo que debe recubrirse con un acabado impermeable en la superficie exterior.

Los fabricantes certificados por la APA deben identificar los tableros con la siguiente información como mínimo: tipo de uso y aplicación, espesor nominal, espaciamiento máximo entre apoyos y el grado de exposición a las condiciones climáticas - ver Figura 29.



*Figura 29.* Información del tablero OSB proporcionada por el fabricante

Para la instalación de los tableros de OSB se debe considerar una dilatación mínima de 3mm alrededor del tablero debido a las variaciones dimensionales que puedan ocasionarse por cambios de temperatura de humedad en el ambiente. Como se mencionó anteriormente la cara exterior debe protegerse con una membrana de polietileno de alta densidad y semipermeable que actúa como barrera de vapor y no permite la absorción de humedad por la parte exterior de la envolvente, pero a su vez permite el paso del vapor desde el interior hacia el exterior de la estructura previniendo la condensación dentro del ensamblaje de la pared. Las membranas deben fijarse al OSB de manera continua y con traslapes de 15cm a 30cm para evitar infiltraciones.

Los tableros OSB ya se instalen interna o externamente el borde inferior debe sellarse para evitar el contacto con la humedad del piso y evitar puentes térmicos y acústicos. Si el tablero OSB se utiliza como cerramiento de la cara externa de las paredes, con el fin de prevenir

la transmisión de humedad de la cimentación a los tableros de OSB, estos no deben estar en contacto directo ni con el suelo ni con la cimentación, por lo que el borde inferior del tablero debe quedar a cierta distancia libre de la cimentación y como mínimo a una distancia de 15 cm de la cota del terreno natural - ver Figura 30.

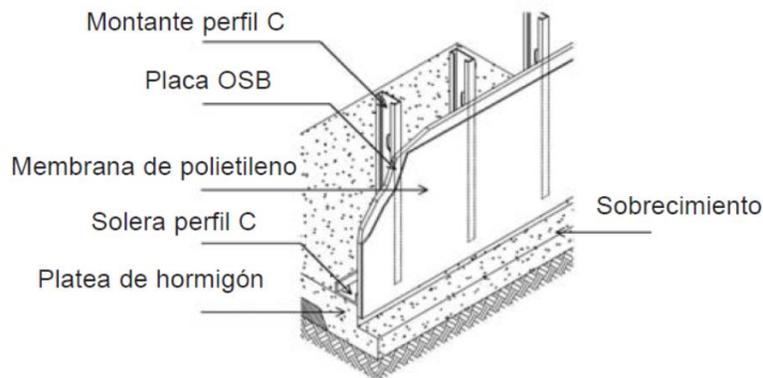


Figura 30. Detalles de instalación del OSB externamente

Para la instalación en paredes los tableros se deben instalar alternados de tal manera que las juntas verticales entre tableros deben quedar desfasadas lo que contribuye a un efecto de diafragma rígido en el plano de la pared.

**4.3.1.6.2 Tablero de Madera contrachapada (plywood).** Son tableros conformados por chapas o láminas de madera dispuestas en capas sucesivas con las fibras orientadas perpendicularmente una sobre la otra. Las capas se pegan con resinas sintéticas y son sometidas a altas temperaturas y presiones (The Engineered Wood Association APA., 1997) Los tableros de madera terciada o multilaminado como también se conocen, se pueden usar con fines estructurales para lo cual deben cumplir con normas AISI la cual utiliza como referencia las normas de la APA (The Engineered Wood Association PS1 o PS2) las cuales contienen valores mínimos de referencia de rigidez y resistencia a la flexión, cargas distribuidas ultimas, cargas de

impacto, deflexión y tolerancias de espesores. En la Figura 31 se observan estructuras revestidas con tableros de madera contrachapada en la cubierta.



Figura 31. Tableros de madera contrachapada (*The Engineered Wood Association APA., 1997*)

Los tableros de madera contrachapada se definen principalmente de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Especie de la madera. Las normas de la APA presentan 5 diferentes grupos de especies de madera basados en propiedades de resistencia y módulo de elasticidad a la flexión. Los esfuerzos de trabajo se asumen idénticos para todas las especies dentro del mismo grupo de tal manera que se simplifica el cálculo estructural ya que de las muchas especies de maderas existentes se reduce a un pequeño número los niveles de esfuerzo para diseño. Para los tableros con usos estructurales todas las capas de madera se requieren que pertenezcan al Grupo 1 ya que estas son las más resistentes.

- Calidad de las láminas que conforman del tablero. Normalmente solo se especifican las clases de la cara y la contracara, pero en algunas ocasiones es necesario especificar la clase de las láminas intermedias. Los grados o clases de las chapas dependen del tipo de apariencia y acabado natural o con reparaciones en el proceso de manufactura. Una clase A por ejemplo

proporciona una superficie lisa libre de imperfecciones a la cual se puede aplicar pintura y una clase C presenta nudos, agujeros e imperfecciones dentro de ciertos límites y es el mínimo aceptable para tableros de revestimiento estructural.

- La durabilidad del adhesivo utilizado en el proceso de fabricación, que se clasifica como Exterior o Tipo de Exposición 1 (Exposure 1). En el primer caso los tableros se pueden usar en condiciones exteriores permanentemente y el adhesivo es a prueba de agua. En el segundo caso los tableros pueden usarse de manera temporal en condiciones de humedad severos durante la etapa de construcción ya que el adhesivo tiene una alta resistencia a la humedad.

- El espesor de los tableros esta normalmente estandarizado. Los más comunes son 9mm, 12mm, 15mm y 18mm. Las dimensiones de los tableros son de 1.20m x 2.40m para el sistema métrico o 1.22m x 2.44m para el sistema imperial, lo que permite optimizar la modulación de los tableros a un espaciado entre parales típico de 0.40m o 0.60m. La instalación de los tableros contrachapados en reglas generales sigue los mismos lineamientos discutidos anteriormente para el OSB. En la Figura 32 se presenta un ejemplo de la información típica en un tablero contrachapado.

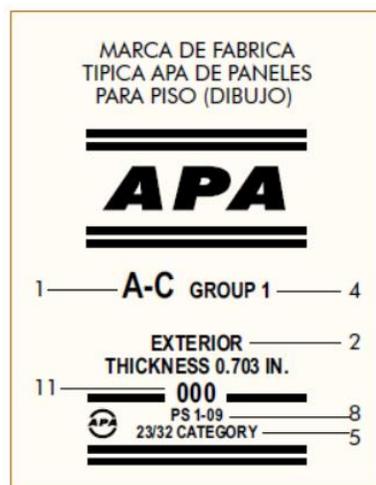


Figura 32. Información del tablero de madera contrachapada proporcionada por el fabricante

**4.3.1.6.3 Placas cementicias.** Las placas cementicias están compuestas por cemento portland, fibras celulósicas o sintéticas, fibras de vidrio por ambas caras y agregados. La fibra de vidrio suele ser una malla de 4mm x 4mm incrementa la capacidad a la flexión de la placa y viene recubierta por una capa protectora que protege a la fibra de vidrio de la alcalinidad del cemento.

Las placas de fibra cemento son un tipo de placas cementicias y tienen las siguientes características que posibilitan su uso como material de revestimiento exterior:

- Durabilidad y elevada resistencia a los impactos.
- Gran resistencia a la humedad al fuego y a la putrefacción.
- Es incombustible.
- Bajo peso.
- Es compatible con un amplio tipo de productos para terminados.
- Rapidez de ejecución y montaje.

La producción de placas de fibra cemento datan desde principios del siglo XX cuando contenían un 90% de cemento y un 10% de asbestos. Alrededor de 1970 se impusieron regulaciones legales que obligaron a eliminar los componentes asociados a los asbestos por estar vinculados a la aparición de una forma de cáncer (Global Cement, 2014) y desde entonces los fabricantes se desligaron de las fibras perjudiciales para la salud y se impuso el uso de fibras sintéticas o de celulosa las cuales tienen incidencia directa en la resistencia de las placas y su resistencia a la humedad.

Debido a su bajo peso es un material fácil de transportar y maniobrar. Igualmente es fácil de generar una textura de terminación con imitación de ladrillo o madera lo cual lo hace atractivo como material arquitectónico para terminaciones.

Las placas de fibra cemento clasifican como un material ambientalmente sostenible con bajo impacto en la emisión de CO<sub>2</sub> y energía consumida por ejemplo al compararlo con el concreto tradicional. Adicionalmente debido a que el fibrocemento contiene menos cantidad de cemento y por tanto menos cantidad de químicos potencialmente perjudiciales comparado con el concreto se convierte en una alternativa como material de construcción alternativo.

Las dimensiones de los tableros dependen del fabricante, pero en general vienen en anchos de 1.22m (sistema imperial) o 1.20m (sistema métrico) con alturas de 2.40m o 3.0m. Los espesores vienen de 6mm, 8mm, 10mm, 12mm siendo los dos últimos los recomendados para uso como material de cerramiento exterior en paredes por su mejorada resistencia al impacto y comportamiento termo acústico.

Con el fin de prever patologías durante la vida útil del proyecto especial cuidado debe tenerse en el momento de especificar el tipo de juntas junto con el fabricante y considerar las propiedades de variación dimensional de los tableros por cambios de temperatura y humedad que puedan generar fisuras en el cuerpo del tablero o en las juntas. En general, las juntas se pueden clasificar en dos tipos: visibles o invisibles. Para las juntas visibles se deben usar tableros de bordes planos y el uso de sellantes elastómericos que resalten la junta. En el caso de juntas invisibles se deben usar tableros de bordes rebajados con el uso de mallas de fibra de vidrio resistente a la alcalinidad que actúa como refuerzo para el tratamiento de la junta. En el caso de que se utilicen en conjunto con otros materiales diferentes al fibrocemento se deben usar juntas de dilatación.

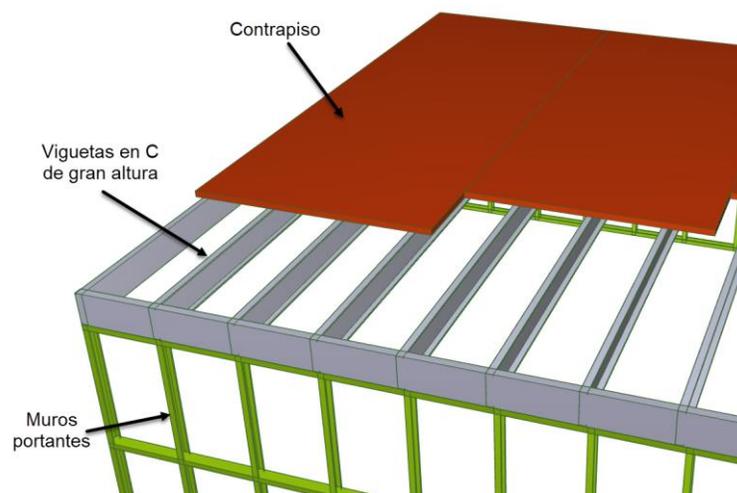
**4.3.1.6.4 Placas de yeso.** Las placas de yeso son utilizadas para el cerramiento de paredes interiores y cielo rasos y son conocidas en el mercado como sistema drywall. El yeso es el

material base que se obtiene después de un proceso de trituración y evaporación aplicado a la piedra original y que en su forma natural es un mineral compuesto de sulfato de calcio hidratado (Kuntze, 2009) el yeso en polvo producto del proceso es mezclado con agua y aditivos para cristalizar la matriz y luego revestido con láminas de cartón las cuales quedan unidas química y mecánicamente al núcleo de yeso conformando un tablero que presenta ventajas para su uso por su bajo peso, resistencia, durabilidad, economía además de presentar cualidades térmicas y acústicas.

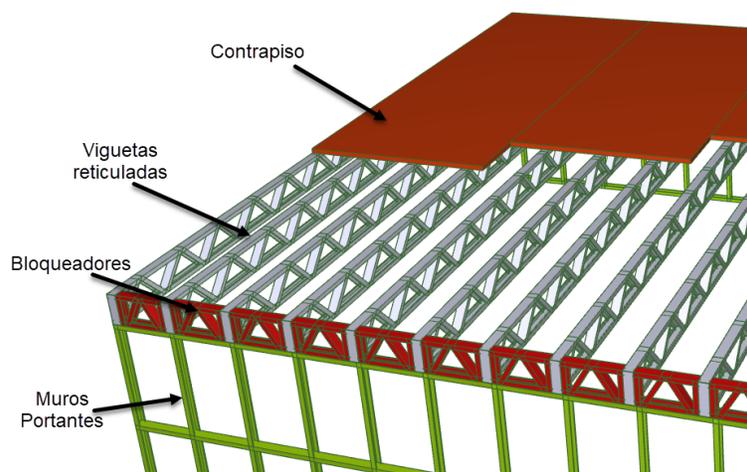
Las dimensiones de los tableros dependen del fabricante, pero en general vienen en anchos de 1.22m (sistema imperial) o 1.20m (sistema métrico) con longitudes que varían entre 1.60m y 2.80m. Los espesores vienen de 9.5mm, 11mm, 12.7mm, y 15.9mm siendo los dos últimos los recomendados para uso como material de cerramiento interior en paredes por su mejorada resistencia al impacto y comportamiento termo acústico. Las placas de yeso permiten derivaciones dependiendo de las aplicaciones y necesidades, es así, como la referencia conocida como RH o tableros verdes son resistentes a la humedad ya que cuenta con aditivos y celulosa adicional comparada con la línea estándar para impedir la absorción de agua por capilaridad en zonas húmedas y prevenir la formación de moho. Por otra parte, la línea RF o resistente al fuego o tableros rosados se aplica en paredes con requisitos especiales de resistencia al fuego.

Los componentes requeridos para la instalación y montaje de un sistema de placas de yeso además de las placas incluyen por supuesto la estructura principal conformada por perfiles de acero de lámina delgada, los tornillos para su fijación, materiales para el tratamiento de juntas como las cintas y las masillas y materiales para el aislamiento térmico y acústico como la lana de vidrio o lana mineral.

**4.3.2 Sistemas de entrepiso y consideraciones de diseño.** Los entrepisos del sistema patentado Framacad se pueden lograr con dos tipos de elementos estructurales: perfiles en C de altura generalmente entre 250mm y 300mm de alma (ver Figura 33) o con entramados reticulados utilizando un perfil en C normalmente de 89x41 (ver Figura 34). En esta tesis se presentará la opción de entrepisos reticulados con el fin de optimizar el uso del mismo perfil para toda la estructura.



*Figura 33.* Entrepiso conformado por vigas en C de gran altura



*Figura 34.* Entrepiso conformado por vigas en celosía

Las viguetas de los entrepisos son entramados horizontales ensamblados con perfiles tipo C encargados de soportar las cargas de entrepiso y transmitir las a los muros portantes. Los entrepisos se conforman con una serie de viguetas reticuladas que se comportan estructuralmente de manera similar a las cerchas, esto es, los efectos de flexión producidos por las cargas se transfieren a los cordones superior e inferior en forma de fuerzas de compresión y tensión y las celosías se diseñan para los efectos de cargas axiales únicamente. Las principales piezas que conforman este tipo de elementos son:

Cordón superior: perfil en C y se diseña a flexión, cortante y compresión.

Cordón Inferior: perfil en C y se diseña a flexión, cortante y tensión.

Celosías: son perfiles en C que conectan los cordones superior e inferior y se diseñan a compresión o tensión.

**4.3.2.1 Componentes del sistema de entrepiso.** Los principales elementos que conforman un sistema de entrepiso son:

**4.3.2.1.1 Viguetas reticuladas.** Son los elementos principales del sistema que soportan la carga a las que están sometidas (peso propio de la losa, mobiliario, personas, particiones, equipos, etc.) y adicionalmente sirven de estructura de apoyo del contrapiso. En algunos casos las viguetas pueden soportar muros de carga que soporten parte de la cubierta, en cuyo caso se pueden transferir cargas de viento o granizo a las viguetas.

La resistencia de los perfiles para prevenir cualquier tipo de falla local o general se debe revisar en el proceso de diseño, así como la resistencia de los nudos que conectan las celosías y los cordones. La funcionalidad bajo estados de servicio depende de la rigidez del entrepiso y de

sus propiedades dinámicas por lo cual se debe dotar a las viguetas de una rigidez adecuada para prevenir deflexiones visibles durante el uso normal de la estructura. La rigidez hasta cierto punto puede considerarse como un criterio de diseño para controlar la vibración. La frecuencia de vibración y el nivel de amortiguamiento afectan el desempeño relacionado con las vibraciones.

La profundidad mínima recomendable es de 300mm con el fin de que el ensamblaje de las piezas sea rápido y además se obtenga un espacio adecuado para la instalación de ductos y servicios localizados dentro del sistema de entrepiso. El espaciamiento típico es de 400mm o 600mm máximo con el objetivo de mantener un alineamiento con los parales localizados en los muros arriba y abajo del entrepiso. El espaciamiento también puede ser determinado por la capacidad de la vigueta para una luz dada y por la capacidad del tablero de recubrimiento o losa.

La distancia de apoyo de las viguetas debe ser mínimo de 89mm sobre muros portantes externos o de 45mm sobre muros portantes internos.

**4.3.2.1.2 Bloqueadores.** Son elementos reticulados conformados con el mismo perfil utilizado para las viguetas normalmente conformados a la misma altura de las viguetas. Estos elementos van ubicados entre viguetas a lo largo de las líneas de apoyo, pero a una distancia recomendable no mayor a 3.5m con el fin de proporcionar estabilidad al volcamiento de las viguetas – ver Figura 35.

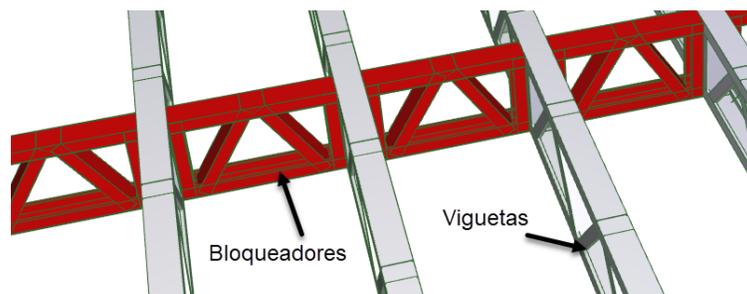
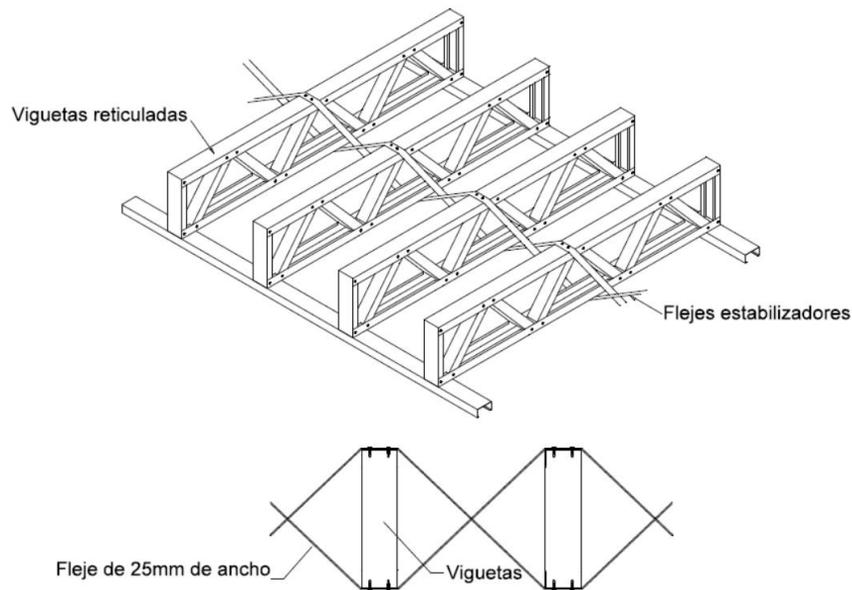


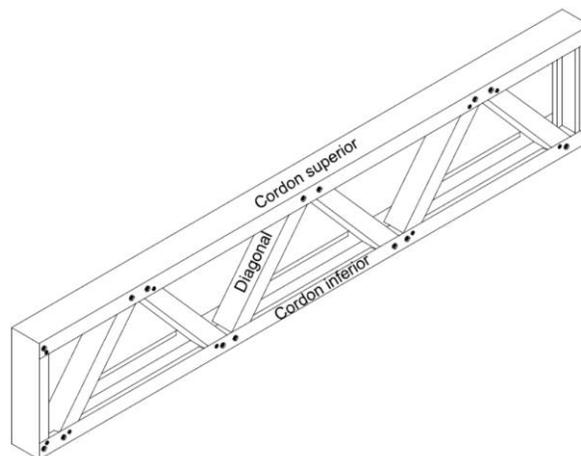
Figura 35. Bloqueadores

**4.3.2.1.3 Riostras.** Riostras de acero planas de lámina delgada normalmente de anchos entre 25mm y 32mm entre cruzadas y tensionadas debidamente atravesando las viguetas a ciertos puntos intermedios a lo largo de la luz proporcionan una alternativa diferente a los bloqueadores – ver Figura 36.



*Figura 36.* Riostras

En la Figura 37 se observa una viga de entrepiso reticulada y las piezas que la componen.



*Figura 37.* Vigueta de entrepiso reticulada

**4.3.2.1.4 Vigas cargueras.** Son las vigas principales que soportan las viguetas alrededor del vano de las escaleras. Son vigas reticuladas conformadas con el mismo perfil de las viguetas, pero de espesores más gruesos debido a la mayor carga que deben soportar – ver Figura 38.

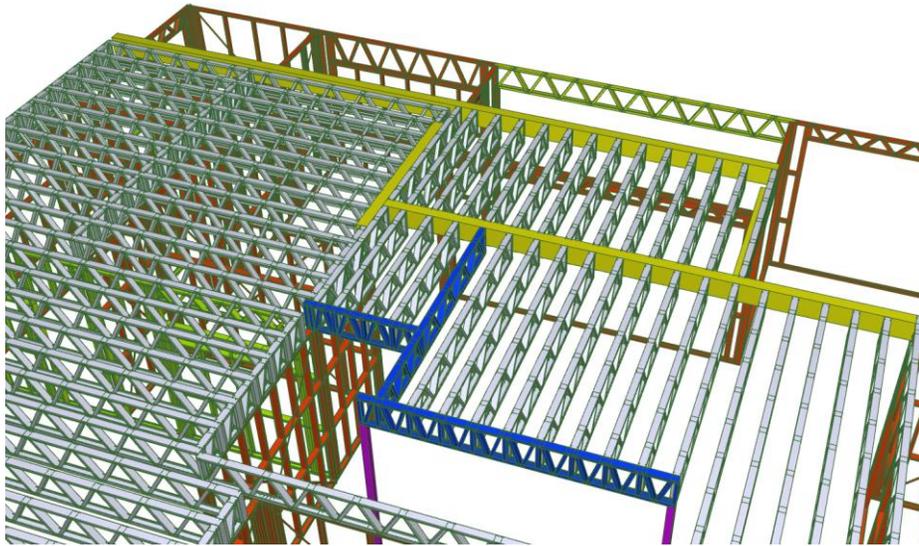


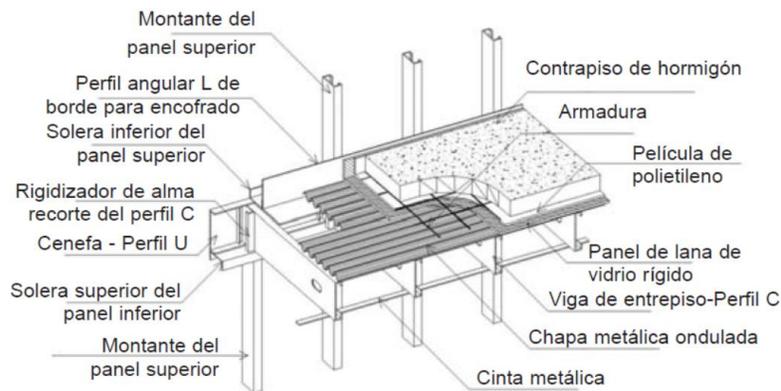
Figura 38. Vigas cargueras

#### **4.3.2.2 Sistemas de entrepiso.**

**4.3.2.2.1 Húmedo.** Los entrepisos húmedos están conformados por un tablero metálico ondulado de lámina delgada que se fija mecánicamente con tornillos a las viguetas y que a su vez conforma el encofrado para una capa de concreto de 5 a 7 cm de espesor el cual forma la superficie del contrapiso.

Debido a que una de las principales ventajas del sistema de construcción con acero conformado en frío es la disminución del peso de la estructura se recomienda utilizar un concreto de densidad media a fin de que el peso del entrepiso sea consistente con las bondades que se buscan del sistema. El contrapiso de concreto sirve de base para la colocación de los acabados que pueden ser de cualquier tipo ya sea de madera, laminados, cerámica, baldosas, etc., y se

requiere de una malla para la prevención de fisuras de retracción por efectos del fraguado del concreto. Con el fin de lograr un buen desempeño acústico se debe instalar una capa de lana de vidrio rígida protegida con una película de polietileno para evitar el paso de humedad a la lana de vidrio entre el tablero metálico y el concreto – ver Figuras 39, 40 y 41.



*Figura 39.* Entrepiso húmedo



*Figura 40.* Viguetas apoyando el tablero metálico



*Figura 41.* Tablero metálico apoyado sobre las viguetas

**4.3.2.2.2 Seco.** Este tipo de entrepiso se construye con placas rígidas que pueden ser de diferentes materiales y se fijan mecánicamente a las viguetas a través de tornillos. Las placas sirven de contrapiso y pueden desempeñar funciones como elemento tipo diafragma si el tablero es estructural.

Las placas pueden ser de madera tipo OSB o madera contrachapada, placa de fibra cemento o paneles de concreto celular en autoclave (AAC). La selección del tipo está determinada por factores como la capacidad de carga, deformación, tipo de revestimiento y desempeño térmico y acústico. Las placas de madera OSB estructurales son de bajo peso y al ser estructurales pueden funcionar como diafragma horizontal. Para las zonas húmedas es recomendable una placa cementicia por su mayor resistencia a la humedad. Con el fin de mejorar el desempeño acústico del ensamblaje es recomendable colocar lana de vidrio sobre las viguetas cubierta con un film de polietileno debajo del contrapiso.

La principal ventaja del entrepiso seco es la rapidez de la ejecución de la obra y por tanto se obtiene una reducción de costos de mano de obra adicionalmente la reducción de peso. En las Figuras 42 y 43 se observa este sistema.

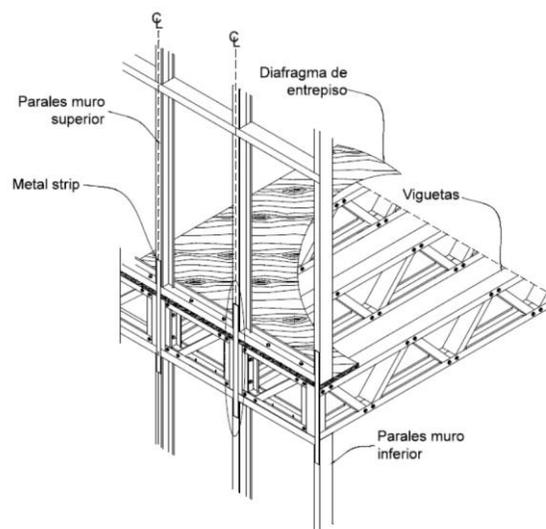


Figura 42. Entrepiso seco

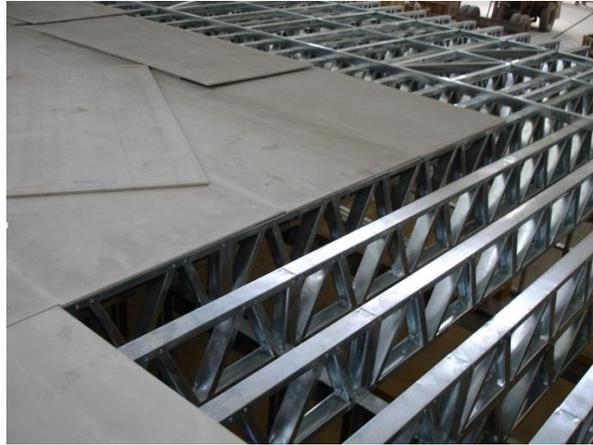


Figura 43. Viguetas reticuladas apoyando un entrepiso seco

### 4.3.3 Sistemas de cubiertas y consideraciones de diseño.

**4.3.3.1 Cerchas.** En este sistema se utilizan las cerchas reticuladas como elementos principales que soportan las cargas de cubierta típicas como las cargas permanentes dependiendo del tipo de revestimiento y aislamiento, las cargas vivas dependiendo del tipo de uso y las cargas de viento o granizo dependiendo de las acciones ambientales esperadas. Las geometrías de las cubiertas pueden ser desde cubiertas planas hasta cubiertas inclinadas y el grado de complejidad varía desde cubiertas proyectadas a un agua o a varias aguas.

Dependiendo del proyecto arquitectónico se pueden adoptar diversas configuraciones de cerchas. En las Figuras 44, 45, 46 y 47 se observan algunas de más comunes.

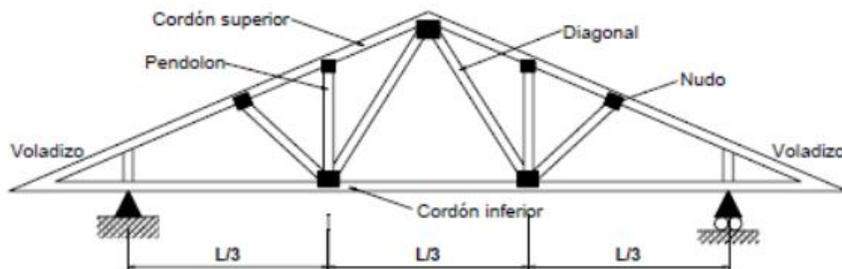


Figura 44. Cercha a dos aguas con voladizo (NSR10)

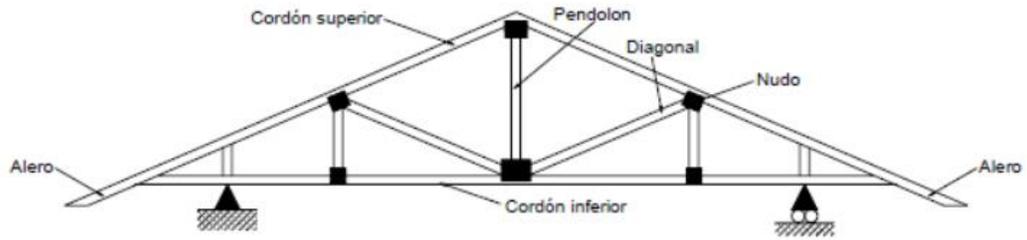


Figura 45. Cercha a dos aguas con aleros (NSR10)

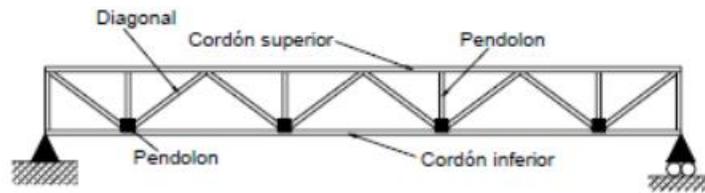


Figura 46. Cercha plana (NSR10)

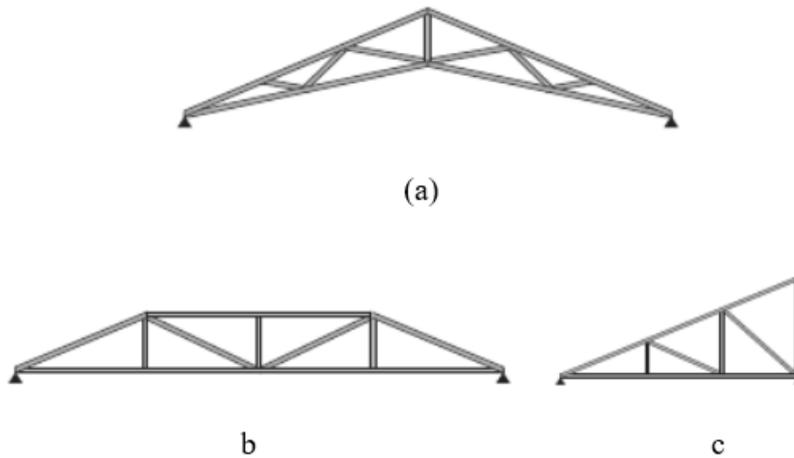
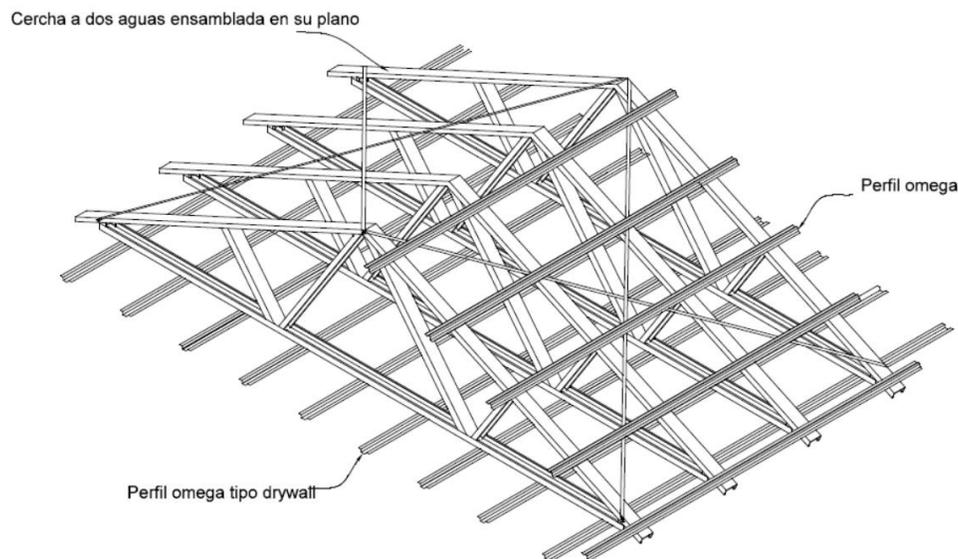


Figura 47. Tijera, Truncada y de un agua

El sistema de cerchas se puede combinar con correas que pueden proyectarse con perfiles omega o perfiles en C apoyados directamente sobre las cerchas – ver Figura 48. La luz máxima y el espaciamiento entre correas dependen del tipo de cubierta y las solicitaciones de diseño y la

escogencia de los perfiles omega se puede hacer a través de cartillas suministradas por el fabricante dependiendo de las solicitaciones de diseño requeridas. El sistema de cielo raso puede conformarse con placas de yeso fijadas a perfiles omega las cuales se conectan al cordón inferior de las cerchas.

En lugar de las correas se puede utilizar tableros estructurales de madera diseñados para soportar las cargas de cubierta esperadas apoyados directamente sobre los cordones superiores de las cerchas. El tablero estructural proporciona el arriostramiento lateral del cordón superior y se debe considerar su efecto en el diseño de la cercha para efectos de pandeo. Los fabricantes de los tableros estructurales proveen las capacidades de los mismos para diversos tipos de solicitaciones dependiendo del proyecto de tal manera que la escogencia del tablero se hace a través de las cartillas suministradas por el fabricante.



*Figura 48.* Sistema de cerchas y correas

En relación con el tipo de ensamblaje las cerchas se clasifican en dos tipos: en su plano y fuera de su plano (o ensamblaje espalda con espalda). En el primer tipo todas las piezas que

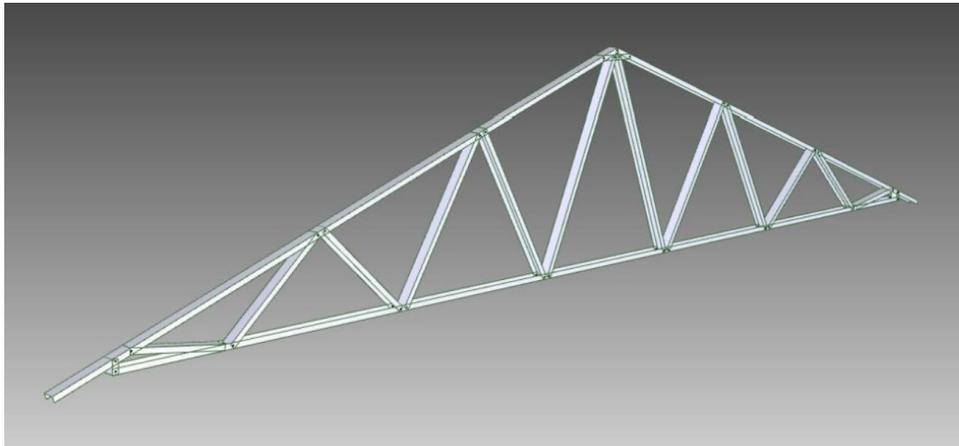
conforman la cercha se encuentran en el mismo plano, mientras que en el segundo tipo los cordones superior e inferior están en un plano diferente al de las celosías. Las principales piezas que conforman este tipo de elementos son:

**Cordón superior:** es un perfil en C y se diseña a compresión o tensión y a flexión producida por la carga distribuida actuando sobre él.

**Cordón Inferior:** es un perfil en C y se diseña a tensión (o a compresión).

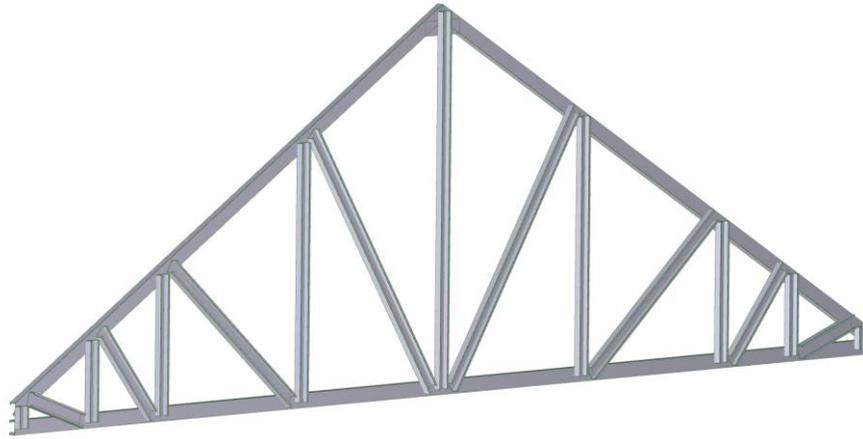
**Diagonales:** son perfiles en C que conectan los cordones superior e inferior y se diseñan a compresión o tensión.

En la Figura 49 se muestra una cercha ensamblada en su propio plano o lo que es lo mismo conectando los perfiles a través de las alas.



*Figura 49.* Cercha ensamblada en su propio plano

En la Figura 50 se observa una cercha ensamblada espalda con espalda o a través de las almas de los perfiles.



*Figura 50.* Cercha ensamblada a través de las almas de los perfiles

El análisis estructural de cerchas en este proyecto se hará con base en el software estructural Framcad Structure. Se supone que los ejes de los miembros que conforman la cercha se encuentran en los nudos, pero en esta condición de ensamblaje en línea o a través de las almas de los perfiles, se presenta una excentricidad debido a la forma como se conectan las diagonales y los cordones.

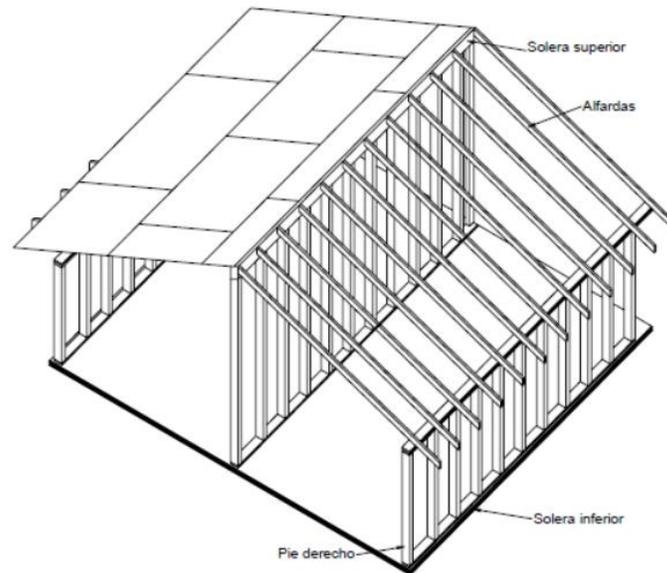
Dependiendo del sistema estructural escogido la transmisión de las cargas se hace de los materiales de revestimiento que se apoyan en las correas directamente o en los tableros estructurales y de ahí a las cerchas o paneles de cubierta. Adicional a las cargas permanentes, transitorias, de viento o granizo se deben considerar las cargas esperadas durante la etapa de construcción como la acumulación de materiales sobre las cerchas y el peso de los trabajadores. Los perfiles utilizados como correas definen las longitudes entre puntos de arriostamiento lateral y torsional de los cordones superiores. De la misma manera, se analiza el cordón inferior el cual está arriostado por perfiles omega usados para la fijación del recubrimiento de cielo raso. Todo el ensamblaje de cerchas y correas proporciona un efecto de diafragma que permite transmitir las cargas horizontales a los sistemas de resistencia de carga lateral.

Las suposiciones para el análisis estructural con el programa Framecad Structure son las siguientes:

- Las diagonales se consideran elementos rectos y se conectan a los cordones con tonillos por lo cual se asume que no existe una restricción a la rotación y se diseñan a fuerzas axiales únicamente.
- Las cargas actúan como cargas uniformemente distribuidas actuando a lo largo de los cordones.
- Los cordones de la cercha se consideran como miembros continuos y por lo tanto se diseñan para carga axial, corte y flexión.
- La cercha se supone simplemente apoyada con una articulación simple en un extremo y un rodillo simple en el otro. Cuando existen apoyos intermedios se modelan como rodillos simples.
- La longitud no arriostrada en el plano de la cercha para los cordones se toma como la distancia entre los nudos que conectan las diagonales con los cordones.
- La longitud no arriostrada en el plano perpendicular al plano de la cercha para los cordones se toma como la distancia entre correas.
- El número de tornillos por nudo se calcula con base en la resistencia de la conexión al corte limitado por falla de aplastamiento y falla por inclinación de los tornillos.

**4.3.3.2 Sistema de alfardas como parte de un panel de cubierta.** Las alfardas son elementos sólidos tipo viga que se pueden utilizar para luces cortas y cubiertas livianas y por lo tanto los chequeos a flexión y corte son requeridos – ver Figura 51. Los perfiles en C se pueden utilizar para conformar paneles de cubierta inclinados y apoyados por lo general en muros

estructurales. Los perfiles perpendiculares a las alfardas proporcionan arriostramiento lateral para el cálculo de las longitudes efectivas usadas para obtener la capacidad del perfil usado como alfarda.



*Figura 51.* Sistemas de alfardas o paneles de cubierta (NSR-10)

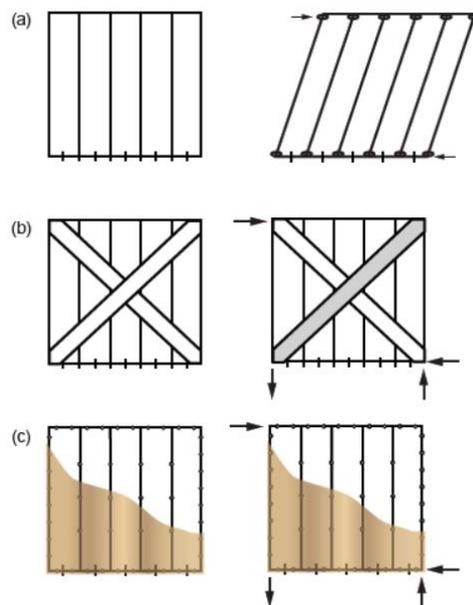
**4.3.4 Sistemas de resistencia lateral.** Históricamente los sistemas de resistencia de cargas laterales no han evolucionado con la misma rapidez que lo han hecho los sistemas de resistencia de cargas verticales. En las estructuras con acero de lámina delgada debido al espesor del material no se logran niveles de rigidez significativos en las uniones de los elementos por lo tanto los sistemas con muros resistentes a momentos no se utilizan.

La transmisión de cargas verticales se hace de manera eficiente a través de los parales ubicados relativamente cerca, normalmente a 40cm o 60cm de espaciamiento. Este tipo de sistema estructural es muy similar a las estructuras livianas en madera por lo cual los sistemas de resistencia lateral son similares.

En la Figura 52a se observa un muro conformado con parales y soleras con perfiles en C sin ningún tipo de resistencia a cargas laterales. Normalmente los miembros de esta pared se conectan con dos tornillos, uno por cada aleta, y la resistencia por cuenta del apoyo de los extremos de los parales y flexión de los mismos es insuficiente para soportar cargas laterales.

En la Figura 52b se utilizan riostras de acero conectadas por una cara o por las dos caras de la pared para resistir las cargas laterales a través de la tensión de las riostras.

En la Figura 52c se fijan tableros estructurales de madera, tableros de fibra cemento, tableros de yeso o chapas de acero planas para resistir la carga lateral a través de la interacción de los tornillos y los tableros permitiendo que la pared se deforme en corte y el tablero rote en el plano de la pared.



*Figura 52.* Muros con diferentes capacidades ante cargas laterales

La actual norma colombiana NSR10 utiliza como referencia la norma AISI S213 para el diseño de sistemas de resistencia ante cargas laterales de sismo o viento. En el diseño resistente a

sismo la norma adopta el método de diseño por capacidad en el cual algunos elementos específicos están diseñados para disipar energía en el rango inelástico y todos los demás elementos son suficientemente resistentes para permitir la disipación de energía sin pérdida de capacidad estructural.

La contribución de los sistemas de resistencia lateral se puede sumar siempre y cuando dichos sistemas tengan suficiente ductilidad o tengan capacidad de deformaciones compatibles. En la Figura 53 se presentan esquemáticamente tres tipos de sistemas de resistencia lateral con capacidades últimas  $f_x$ ,  $f_y$  y  $f_z$ .

Si se asumen diafragmas de entrepiso y cubierta rígidos las capacidades últimas no pueden ser acumulables ya que el sistema X alcanza su capacidad última a una deformación  $\Delta_1$  que es inferior a las deformaciones de los sistemas Y y Z. Un análisis similar conduce a que las capacidades últimas de los sistemas Y y Z se pueden sumar si la estructura se analiza a un nivel de deformación  $\Delta_2$ , sin embargo, esto no se podría hacer a niveles de deformación mayores a  $\Delta_2$  (National Association of Steel Framed Housing NASH, 2009).

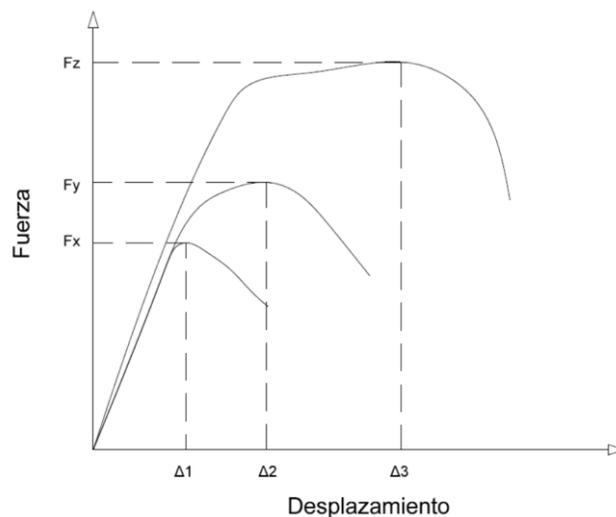


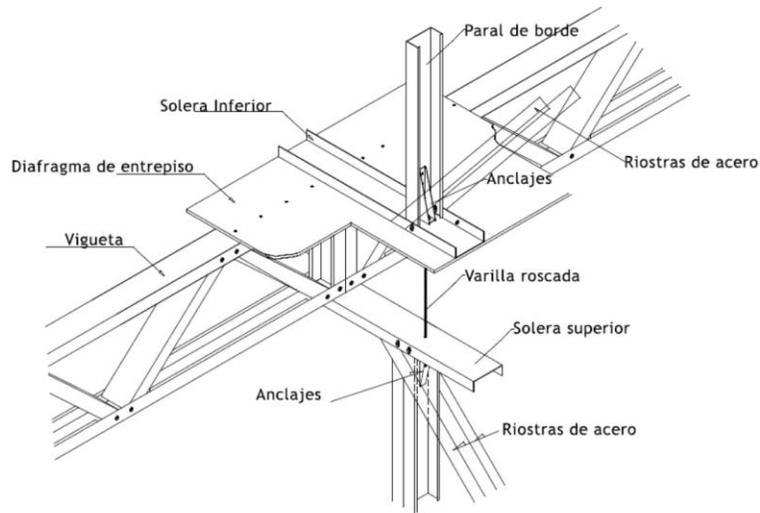
Figura 53. Compatibilidad de deformación

La capacidad última y ductilidad de los sistemas de resistencia ante cargas laterales depende de varios factores como el tipo y propiedades mecánicas del material que conforma el sistema p.e. riostras de acero, tableros estructurales de madera, etc., así como del tipo y número de conectores entre el elemento de arriostramiento y la pared de acero y de las propiedades de la pared como tal.

En general las riostras de acero, los tableros de placa de yeso, tableros estructurales de madera multilaminado, placas cementicias y chapas de acero se pueden asumir como compatibles a niveles de deformación bajos y por tanto sus resistencias últimas se pueden sumar. Los tableros de madera multilaminados y chapas de acero tienden a mantener sus capacidades últimas a niveles de deformación más altos (National Association of Steel Framed Housing NASH, 2009).

Los sistemas de resistencia ante cargas laterales desarrollan su resistencia si se anclan adecuadamente en sus extremos ya que se presenta un efecto de volcamiento el cual es más adverso si la relación de aspecto (altura/ancho) del muro de corte es superior a 1.

La capacidad lateral de las riostras de acero depende de sus dimensiones, del grado del acero y del ángulo que formen con la horizontal. En general, ángulos entre 30 y 60 grados son adecuados. Igualmente, la capacidad de las riostras puede verse limitada por la capacidad de la conexión a los parales de borde en los extremos la cual puede requerir de una cartela dependiendo de las dimensiones de la riostra (Gad , Duffield, Hutchinson , & Manse, 1997) - Ver Figura 54.



*Figura 54.* Riostras de acero

La capacidad de los tableros estructurales de madera como el OSB o plywood y placas de yeso se obtienen a partir de valores tabulados en las normas AISI S213 las cuales se basan en ensayos monotónicos e histeréticos ejecutados por investigadores como Serrette entre 1996 y 2002. Las capacidades nominales se determinaron con base en la envolvente de resistencia degradada como el menor valor entre la máxima capacidad y el valor de 2.5 veces la resistencia correspondiente a una deformación de 0.5 pulgadas. El valor de 0.5 pulgadas se tomó con base en la máxima deriva permisible para un muro de 8 pies de altura en el Uniform Building Code de 1994 (American Iron and Steel Institute, 2016) Ver Figura 55.

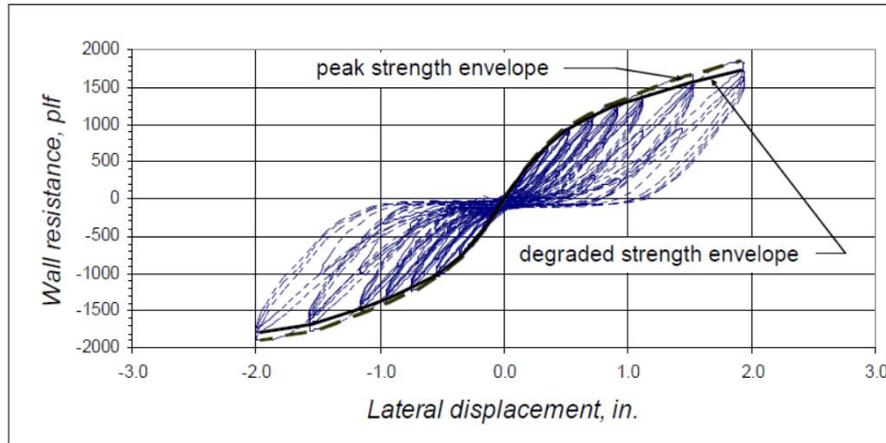


Figura 55. Curva histerética típica para OSB o plywood

Las capacidades nominales para sistemas laterales que utilicen tableros de plywood, OSB o chapas de acero ante cargas de viento se observan en la Tabla 9 tomada de la norma AISI. A estos valores hay que aplicarles un factor de reducción de resistencia de 0.65 y se deben reducir cuando tengan una relación de aspecto mayor a 2:1.

Tabla 9.

Valores nominales de resistencia ante cargas de viento en kN/m

Tipo de Diafragma	Máxima relación de altura/ancho del diafragma (h/w)	Espaciamiento entre tornillos a lo largo del perímetro del diafragma (mm)			
		150	100	75	50
Tablero multilaminado plywood de 12mm de espesor por una cara	2:1	15.5			
Tablero de OSB de 11mm de espesor por una cara	2:1	13.2	20.5	25.3	27.8
Tablero de OSB de 11mm de espesor por una cara perpendicular a los parales	2:1	14.8			

Nota: Adaptado de AISI

Las capacidades nominales para sistemas laterales que utilicen tableros de plywood, OSB o chapas de acero ante cargas de viento se observan en la Tabla 10 tomada de la norma AISI. A estos valores hay que aplicarles un factor de reducción de resistencia de 0.60 y se deben reducir cuando tengan una relación de aspecto mayor a 2:1.

Tabla 10.

*Valores nominales de resistencia ante cargas de sismo en kN/m*

Tipo de Diafragma	Máxima relación de altura/ancho del diafragma (h/w)	Espaciamiento entre tornillos a lo largo del perímetro del diafragma (mm)				Calibre de la lámina de acero	Tamaño del tornillo requerido
		150	100	75	50		
Tablero multilaminado plywood de 12mm de espesor por una cara	2:1	11.4	14.4			33 o 43	8
	2:1	13.0	19.4	25.9	31.9	43 o 54	8
						68	10
Tablero de OSB de 11mm de espesor por una cara	2:1	10.2	13.3			33	8
	2:1	12.0	18.0	22.5	30.0	43 o 54	8
	2:1	13.7	20.5	25.6	34.3	54	8
	2:1	17.9	26.9	33.7	44.9	68	10

Nota: Adaptado de AISI

Para garantizar la disipación de energía esperada en los muros de corte sin que se produzca un mecanismo de falla en los tornillos, el espesor de los perfiles debe ser como se describe en las tablas de valores nominales a menos que se especifique claramente como espesor mínimo.

En el caso de muros de corte el mecanismo de disipación de energía es en la interface entre el tablero y el muro, por lo tanto, si se usa el mismo tablero en cada lado de la pared con la misma configuración y espaciamiento de tornillos la capacidad lateral se duplica. La capacidad del sistema con tableros estructurales proviene de la rigidez local de los tornillos de conexión y de la rigidez del tablero (Vieira Jr & Schafer, 2012).

En el caso de usar dos tableros idénticos con espaciamiento entre tornillos diferente lo cual genera que la cara más débil falle primero. En este caso hay dos opciones y se escoge la capacidad más alta. La primera opción es tomar como dos veces la capacidad del sistema más débil y la segunda opción es tomar la capacidad del sistema fuerte únicamente.

La norma ASCE7 incluye los coeficientes de modificación de respuesta, coeficientes de sobre resistencia, factor de amplificación de deformaciones y alturas máximas permisibles dependiendo del sistema de resistencia ante cargas laterales. Estos valores se observan en la Tabla 11 tomada de la norma AISI. Aunque la norma NSR10 no calcula las derivas basadas en los mismos coeficientes es interesante ver la altura permitida para los sistemas de acero conformado en frío en zonas de riesgo sísmico alto.

Tabla 11.

*Coefficientes de modificación de respuesta y alturas máximas según ASCE para sistemas estructurales de muros portantes*

Sistema de Resistencia Sísmica	Coeficiente de modificación de respuesta R	Limitaciones en altura en m				
		A&B	C	D	E	F
Sistemas de entramados livianos revestidos con diafragmas estructurales de madera calificados para resistencia al corte o revestidos con planchas de acero	6.5	S.L.	S.L.	20	20	20
Sistemas de entramados livianos revestidos con diafragmas estructurales con resistencia al corte de otros materiales	2.0	S.L.	S.L.	11	N.P.	N.P.
Sistemas de entramados livianos con riostras de acero planas en cruz	4.0	S.L.	S.L.	20	20	20

Notas: S.L.=sin límite, N.P.=no permitido. Adaptado de AISI

En general el siguiente es el proceso de diseño ante cargas laterales:

- Determinar el cortante basal y las fuerzas de corte de acuerdo al código. En este paso se requiere usar un coeficiente de reducción de respuesta por tanto se debe haber seleccionado el sistema de resistencia lateral.
- Generar una configuración preliminar en planta de los muros de corte o riostras de acero.
- Estimar las fuerzas en los sistemas de resistencia a cargas laterales con base en la configuración preliminar.
- En el caso de muros de corte seleccionar el tipo de tablero estructural y configuración de los tornillos requeridos para cumplir con la resistencia requerida. En el caso de riostras de acero determinar el tamaño de la misma y el grado del acero.
- Determinar el tamaño de los parales de los extremos o elementos de borde considerando los factores de sobre resistencia o la resistencia esperada de acuerdo a AISI S213.
- Determinar el tamaño de los anclajes y varillas roscadas a través de los entrepisos considerando los factores de sobre resistencia o la resistencia esperada de acuerdo a AISI S213.
- Determinar las conexiones a cortante en cada nivel incluyendo a nivel de fundación considerando los factores de sobre resistencia o la resistencia esperada de acuerdo a AISI S213.
- Revisar que las derivas cumplan con lo especificado en el código. Ajustar de ser necesario.
- Diseñar diafragmas y elementos de borde considerando los factores de sobre resistencia o la resistencia esperada de acuerdo a AISI S213 donde sea aplicable.

## **5. Sistema integrado de acero conformado en frío**

Se ha escogido para este trabajo la tecnología neozelandesa Framacad la cual integra tres fases para la consecución de los proyectos. En la Fase I se desarrolla el diseño estructural en el software Framacad Structure, en la Fase II se obtienen los planos de ensamblaje en el software Framacad Detailer, en la Fase III se fabrican las piezas con la ayuda del software Framacad Factory, en la Fase IV se lleva a cabo el proceso de ensamblaje y en la Fase V el proceso de montaje en la obra.

### **5.1 Fase I - Diseño Estructural**

Framacad Structure se usa como soporte para los cálculos estructurales de los principales componentes de acero liviano tales como cerchas, viguetas y paredes portantes. El programa es una aplicación hecha dentro de IntelliCAD, el cual, es una aplicación en entorno CAD para crear, visualizar y editar todo tipo de proyectos generados con archivos tipo DWG. Con IntelliCAD se pueden leer archivos DWG, visualizarlos en pantalla y crear nuevos archivos con un nivel de compatibilidad total con los entornos y programas de Autodesk.

El entorno principal de IntelliCAD, incluye todo tipo de herramientas para generar y editar diseños, modificar objetos y vistas, dibujar elementos geométricos en dos y tres dimensiones, configurar el área de trabajo y acceder a una serie de elementos y herramientas adicionales típicas de los programas tipo CAD. Dentro del ambiente de IntelliCAD existe un

menú dedicado exclusivamente para el diseño y elaboración de planos para estructuras de acero conformado en frío conformados con los perfiles de las maquinas laminadoras de Framacad.

Para cada proyecto se debe especificar el código de diseño a utilizar. El programa contiene varios códigos internacionales para escoger, para Colombia los códigos IBC y AISI son los más adecuados.

En el módulo de cubiertas se generan plantas con base en la geometría de las plantas arquitectónicas especificando la información básica geométrica tal como la pendiente, el tamaño de los aleros, el número de aguas de la cubierta, definición de las líneas de cumbrera y líneas de intersección de planos de cubierta como limahoyas y limatesas.

Con base en la planta de cubierta arquitectónica se elabora la correspondiente planta estructural con los tipos de cerchas que correspondan a la geometría deseada. Para generar esta planta se debe definir el material, el tipo de perfil a utilizar y el tipo de ensamblaje de la cercha, es decir, las dimensiones del perfil, el calibre y el grado del acero que se vayan a emplear para la producción y si todos los componentes de la cercha están en el mismo plano (en línea) o si los cordones y las celosías van en diferentes planos (espalda con espalda). En este punto es importante tener claridad de qué tipo de maquina laminadora se tiene disponible para la formación de los perfiles. Igualmente se deben especificar las cargas de diseño a aplicar. Las cargas muertas se especifican por metro cuadrado de cubierta y son de dos tipos: “Roof Dead Load” aplica las cargas al cordón superior mientras que “Ceiling Dead Load” aplica las cargas al cordón inferior. Las cargas vivas se especifican por metro cuadrado de cubierta y se aplican al cordón superior. El programa genera un modelo estructural en dos dimensiones para cada cercha y genera una matriz de rigideces en el cual convierte las cargas especificadas por metro cuadrado en cargas uniformemente distribuidas.

Cada elemento del modelo se representa como miembros o líneas que van a lo largo del centroide de los perfiles y nudos que se generan en la intersección de los miembros.

Para la solución de la cercha se utilizan varias combinaciones de cargas con factores de mayoración predeterminados que chequean varios estados límites de resistencia y de servicio. El programa ofrece la flexibilidad para obtener diferentes configuraciones de las celosías, modificar el calibre de la lámina de acero, modificar las dimensiones de las cerchas, modificar el número de apoyos requeridos, etc., de tal manera que se pueda optimizar el diseño estructural desde el punto de vista técnico y económico.

Los resultados del análisis estructural y todas las fuerzas internas y deflexiones se pueden apreciar de manera gráfica o en forma tabulada a través de los reportes que se generan para los miembros (member forces) y los nudos (node results). Estas fuerzas internas conforman las resistencias requeridas o la demanda sobre los miembros.

Por otra parte, el programa calcula las capacidades individuales de los perfiles de acuerdo con la norma AISI S100 para los diferentes tipos de solicitaciones. Estas capacidades se pueden apreciar de manera tabulada a través de los reportes que se generan (member capacities). Estas capacidades conforman las resistencias de diseño que se comparan con las resistencias requeridas y se obtiene un reporte con índices de chequeo para solicitaciones individuales o combinadas. Todos los chequeos deben estar por debajo de 1 para que cumplan las relaciones entre las resistencias requeridas y las resistencias de diseño.

El módulo de los entrepisos opera de manera similar al módulo de cubiertas ya que esencialmente las viguetas son un tipo de cercha reticulada con variaciones en los criterios de servicio como deflexiones y vibraciones.

En el módulo de paredes se generan plantas de paredes con base en la geometría de las plantas arquitectónicas especificando la información básica geométrica tal como la altura de las paredes, y en el caso de que existan vanos para ventanas y puertas se definen las dimensiones de los vanos con la altura de los dinteles correspondientes.

Con base en la planta de paredes arquitectónica se elabora la correspondiente planta estructural con los tipos de paredes que correspondan a la geometría deseada. Para generar esta planta se debe definir el material, el tipo de perfil a utilizar, es decir, las dimensiones del perfil, el calibre y el grado del acero que se vayan a emplear para la producción. Igualmente se debe tener claridad de qué tipo de maquina laminadora se tiene disponible para la laminación de los perfiles. Igualmente se deben especificar las cargas muertas que van directamente aplicadas a las paredes en función del tipo de tableros, sus espesores y materiales escogidos para el revestimiento de las paredes.

Las paredes se deben clasificar principalmente en dos tipos desde el punto de vista de su comportamiento estructural: Paredes portantes (Load Bearing Walls) y paredes no portantes (Non Load Bearing Walls). El programa transfiere las cargas que se encuentren por encima del nivel del canal guía superior de las paredes portantes. Estas cargas pueden provenir de varias fuentes tales como la planta de cubierta, las plantas de pisos más altos y las paredes ubicadas por encima del nivel superior de dichos paneles portantes. El modelo estructural para efectos de diseño es un modelo simplificado en el cual las cargas verticales de niveles superiores se transfieren a la pared de interés como cargas uniformemente distribuidas por metro lineal de muro, representando un espaciamiento entre cerchas en un rango típico entre 0.60m y 1.2m y un espaciamiento entre viguetas entre 0.40 y 0.60m. La carga de viento se representa como una carga distribuida por metro cuadrado de área de pared que actúa perpendicular a su plano. Las

conexiones de los parales con los canales guía superior e inferior del muro se conforman con tornillos por lo cual esta conexión se clasifica como un apoyo simple. Como resultado de estas acciones se obtienen unos efectos de las cargas en los parales a manera de flexo-compresión de acuerdo a las combinaciones de carga predeterminadas. Estos efectos de las cargas conforman la resistencia requerida.

Al igual que las cerchas y viguetas el programa calcula las capacidades individuales de los perfiles de acuerdo con la norma AISI S100 para los diferentes tipos de solicitaciones. Estas capacidades conforman las resistencias de diseño que se comparan con las resistencias requeridas y se obtiene un espaciamiento máximo entre parales para cada combinación de carga. El espaciamiento crítico es el más pequeño que se produzca y este es el criterio de diseño para las paredes. Algunos factores que se utilizan para modificar los espaciamientos críticos entre parales son el número de riostras horizontales (nogs) que definen las longitudes sin arriostrar del perfil, el calibre de la lámina y el grado del acero. Si el espaciamiento crítico entre parales calculado es mayor a 0.60m el programa usa ese valor como máximo para definir la modulación de los parales con el objeto de cumplir con los requerimientos de los fabricantes de los tableros de revestimiento.

En general el ámbito de proyectos para los cuales el software está diseñado cubre proyectos residenciales y de edificios comerciales ligeros/industriales de poca altura con un sistema estructural de muros portantes.

## 5.2 Fase II – Planos de Taller

Framecad Detailer es un programa que permite la elaboración de los planos de taller o planos de ensamblaje de cualquier tipo de estructura diseñada con perfiles de acero conformado en frío a partir de los resultados obtenidos por el paquete estructural descrito en la Fase I. Por lo anterior la forma más fácil de generar los planos de ensamblaje consiste en importar los componentes diseñados en Structure para que los componentes calculados sean llevados a la fase de planos de ensamblaje en la cual se detallan las operaciones de punzonado, perforación y estampado para efectuar las uniones de las piezas que se fabrican para un ensamblaje rápido.

Las perforaciones se configuran para el tipo de máquina que se usa durante el proceso de fabricación. En general se tienen perforaciones en el alma del perfil usados para parales en paredes para generar los espacios para las instalaciones eléctricas y sanitarias; perforaciones en las aletas para generar los avellanados que son los espacios donde van los tornillos que conectan las piezas; perforaciones para remover parte del alma del perfil cuyo espacio se necesita para que la otra pieza que va en la intersección pase de manera continua, y otras operaciones como desaletado, estampados del perfil y cortes de las pestañas. En la Figura 56 se observan las perforaciones típicas de un perfil en C.

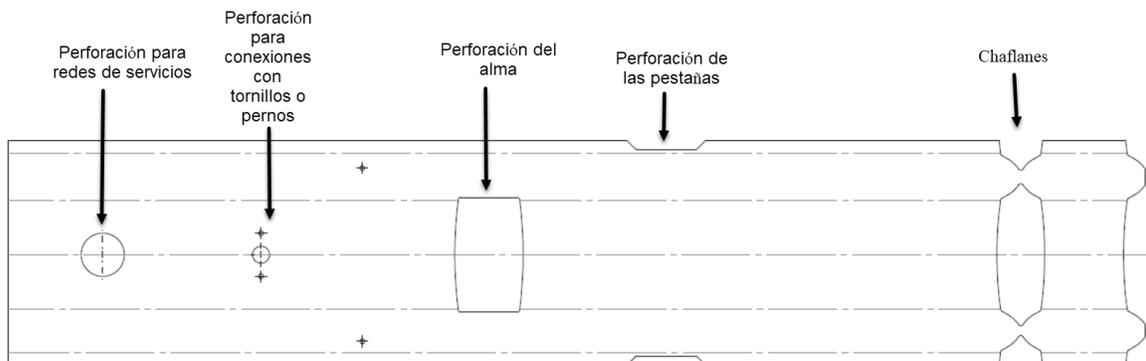
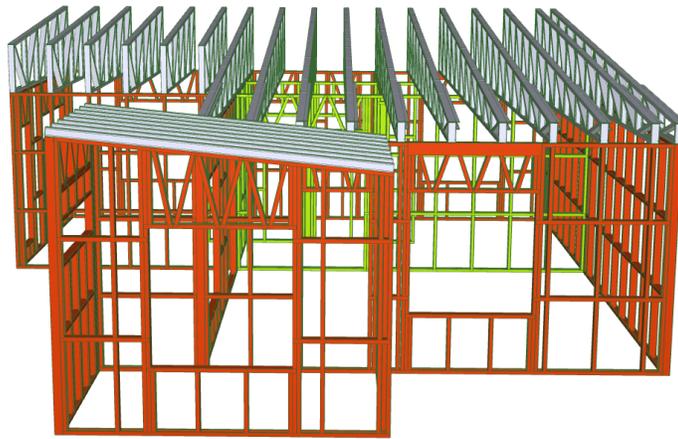


Figura 56. Perforaciones típicas en un perfil en C

El programa asigna un identificador o un rotulado a cada parte que se produce con la máquina de tal manera que el proceso de ensamblaje se realice eficientemente.

Los dos programas Framacad Structure y Framacad Detailer producen listados de materiales para cuantificar metros lineales de bobinas de acero y número de tornillos requeridos. Framacad Detailer puede generar un modelo tridimensional que sirve de herramienta para hacer chequeos y observar posibles conflictos entre elementos – ver Figura 57.



*Figura 57. Modelo en 3D del proyecto*

### **5.3 Fase III – Fabricación**

El proceso de laminado inicia con la finalización de los planos de ensamblaje descritos en el punto anterior los cuales se llevan a un software de control numérico que captura la información de los paneles y piezas que la conforman, así como las perforaciones necesarias que la máquina laminadora ejecuta milimétricamente.

Normalmente las tecnologías como la que se describe en este capítulo requiere de una certificación en Estados Unidos expedida por parte del ICC (International Code Council) que

garantice que los procesos inherentes a la tecnología cumplan con las normas vigentes de materiales y de construcción como las normas IBC (International Building Code) y explica los criterios de aceptación que se usaron para evaluar el sistema o producto, procesos de montaje, métodos de identificación del producto, etc. La certificación especifica que el uso de los perfiles fabricados con este sistema es idóneo para aplicar en estructuras de muros portantes.

Algunos de los perfiles aceptados para muros y cerchas corresponden a los tamaños estándar que se observan en la tabla 12. Los perfiles pueden contener penetraciones que no superen los 38mm de ancho y 102mm de largo, espaciados a no menos de 610mm y ubicados a no menos de 254mm desde los extremos del perfil.

Tabla 12.

*Perfiles estándar*

<b>Alma (mm)</b>	<b>Ala (mm)</b>	<b>Pestaña (mm)</b>
41	41	12
63	41	12
89	41	12
92	41	12
101	41	12
140	41	12
152	41	12

La máquina laminadora debe estar puesta en marcha por parte de personal certificado debidamente capacitado para la puesta a punto y mantenimiento del equipo y asegurarse de que las especificaciones técnicas del fabricante se cumplan.

El proceso de fabricación requiere de la selección cuidadosa de las bobinas de acero a utilizar las cuales conforman la materia prima básica para la fabricación de los perfiles. Estas se producen a altas temperaturas y reciben una capa de cinc fundido prácticamente en estado puro

que al solidificarse se une con el material de acero base conformando un material altamente resistente a la corrosión.

El proceso de galvanizado puede resultar en varios espesores de capas protectoras y en el aspecto final del acero. Una de las normas aceptadas en la AISI para la fabricación de acero es la ASTM A1003/A1003M y en ella se enumeran los diferentes tipos de espesores de galvanizado disponibles en el mercado (Cold Formed Steel Engineers Institute, 2013) unos de los tipos más comunes son:

- Galvanizado con recubrimiento de cinc en un estado casi puro ya que cerca de un 0.2% de aluminio se agrega al proceso. El resultado final es una bobina de acero fácilmente formable, de excelente protección contra la corrosión y proporciona excelente protección por sacrificio de los materiales que recubren el acero base por reacción catódica. La norma ASTM A653/A653M enumera los tipos de galvanizado.

- Aleación compuesta de 55% de aluminio, 43.5% de cinc y 1.5% de aleación de silicio. La norma ASTM A792/A792M enumera los tipos de protección de este tipo.

El galvanizado se controla por peso. La tabla 13 enumera las opciones de galvanizado disponibles en el mercado.

Tabla 13.

*Opciones de acero galvanizado*

Recubrimiento	Mínimo requerimiento total (2 caras)		Espesor nominal por cara	
	(oz/ft <sup>2</sup> )	(g/m <sup>2</sup> )	(mils)	(micrones)
Zinc (galvanizado)				
G40/Z120	0.40	120	0.34	8.5
G60/Z180	0.60	180	0.51	12.7
G90/Z275	0.90	275	0.77	19.4
<b>55% Aluminio-Zinc</b>				
AZ50/AZM150	0.50	150	0.80	20

La protección mínima de galvanizado recomendable para usos estructurales se muestra en la tabla 14.

Tabla 14.

*Protección mínima de las bobinas*

Uso	Zinc (galvanizado)	55% Aluminio-Zinc
Estructural	G60/Z180	AZ50/AZM150
No estructural	G40/Z120	AZ50/AZM150

La durabilidad del acero puede verse afectada por la presencia y tiempo de exposición a la humedad. El acero galvanizado debe estar aislado de condiciones de humedad permanentes, es decir, la estructura debe construirse siguiendo los lineamientos de las normas de tal manera que los recubrimientos, barreras de vapor, sistemas de aireación, etc., mantengan el esqueleto estructural libre de humedad y de esta forma quede garantizada la protección durante la vida útil de la estructura. En áreas de condiciones ambientales severas se debe considerar un incremento en la protección contra la corrosión.

Los espesores de diseño de las bobinas de acero que alimentan a las máquinas Framécad están en el rango de 0.55mm hasta 1.95mm y el ancho depende del tamaño del perfil a fabricar; para un perfil en C de 81mm x 41mm x 11mm el ancho de la bobina es de 182mm aproximadamente. El peso de las bobinas en el mercado oscila entre 1 ton y 2 ton aproximadamente.

El proceso de fabricación debe llevarse a cabo bajo estrictos sistemas de aseguramiento de la calidad que sean auditados con el fin de mantener estándares mínimos. El sistema de calidad debe asegurar que la fabricación de todas las partes que conforman los componentes cumplan como mínimo las normas aplicables. Elementos clave para soportar la calidad del

proceso son la toma de muestras del material, identificación del material, trazabilidad y tolerancias de las piezas.

La fábrica debe tener un espacio adecuado para la instalación del equipo, los desbobinadores, una grúa rodante para el transporte de las bobinas, espacio para el transporte de bobinas con los montacargas desde el área de almacenamiento hasta el área de fabricación. Las mesas de ensamblaje se deben instalar cerca al punto donde los perfiles salen de la máquina laminadora para que el flujo de producción de ensamblaje sea en lo posible lo más cercano a la velocidad de producción de la máquina – ver Figura 58.



*Figura 58.* Fábrica de producción (FRAMECAD)

Dependiendo del tamaño de la operación de la fábrica se deben designar áreas para el almacenamiento de las bobinas de acero, componentes estructurales, conectores, materiales para el recubrimiento, etc. Es importante que las bobinas de acero se mantengan en ambientes libres de humedad almacenadas sobre tarimas metálicas, ver Figura 59.



*Figura 59.* Bobinas listas para proceso de laminado (FRAMECAD)

La ubicación del desbobinador debe estar completamente alineado con el eje de la máquina de tal forma que cuando se alimente la bobina en la maquina los ejes de los rodillos que producen los dobleces en el perfil queden perpendiculares al eje de la bobina. La máquina debe estar completamente nivelada y debidamente puesta a punto por parte del operario certificado – ver Figura 60.



*Figura 60.* Alimentación de la bobina para el inicio del laminado

Los perfiles que van siendo formados y cortados se apoyan en una mesa metálica que tiene una pendiente hacia el lado del operario de la máquina de tal manera que las piezas resbalen por gravedad y se vayan acomodando para ser trasladadas a las mesas de ensamblaje ubicadas a un par de metros de la mesa receptora de piezas – ver Figura 61.



Figura 61. Mesa receptora de perfiles y mesa de ensamblaje

La etapa de laminación la controla el software Framacad Factory en el cual se carga el trabajo que se va a producir con base en los archivos para fabricación generados en la fase II – ver Figura 62.

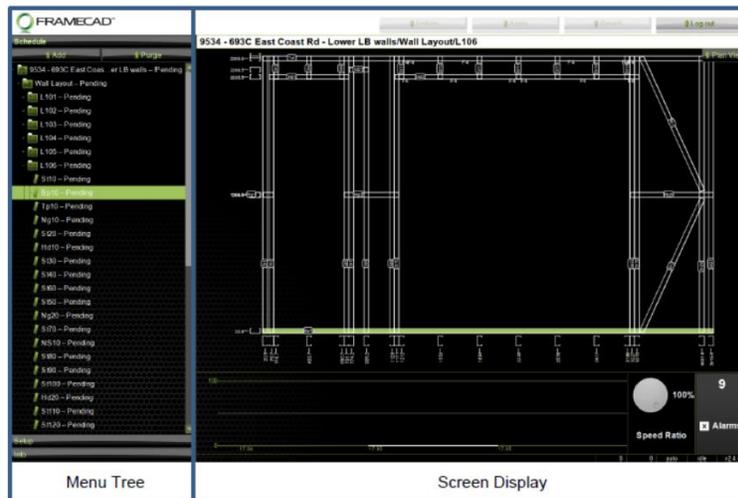


Figura 62. Panel a fabricar

Se debe escoger la secuencia de fabricación de las piezas. Esta puede ser automática o manual dependiendo del tipo de panel. El programa indica a través de colores el estado de fabricación de las partes: en fabricación, fabricadas o en espera – ver Figura 63.

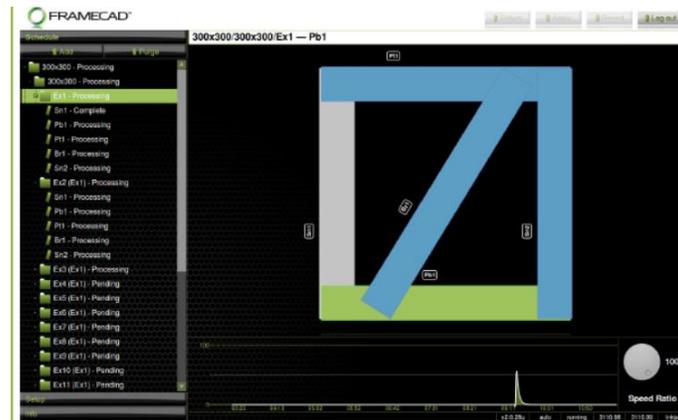


Figura 63. Estado de fabricación de las partes

#### 5.4 Fase IV - Ensamblaje

El proceso de ensamblado de paneles requiere de una serie de estantes metálicos fijados al piso para poder colocar las piezas que van saliendo de la maquina laminadora. Es importante que el área de ensamblaje se haya planeado adecuadamente permitiendo la aplicación de conceptos de un sistema industrializado y hacer el ensamblaje de manera eficiente eliminando tiempos de espera, así como hacer el cambio de las bobinas rápidamente y en condiciones seguras.

Los estantes metálicos pueden consistir de un marco metálico en forma de L fijado a la base y una serie de apoyos metálicos portátiles que se puedan acomodar al tamaño del panel que se va a ensamblar – ver Figura 64. Para el ensamblaje de cerchas y viguetas se suele proveer una

base conformada por tableros de madera ya que las piezas son cortas y se necesita de una superficie de trabajo sólida para la conformación de estos componentes.

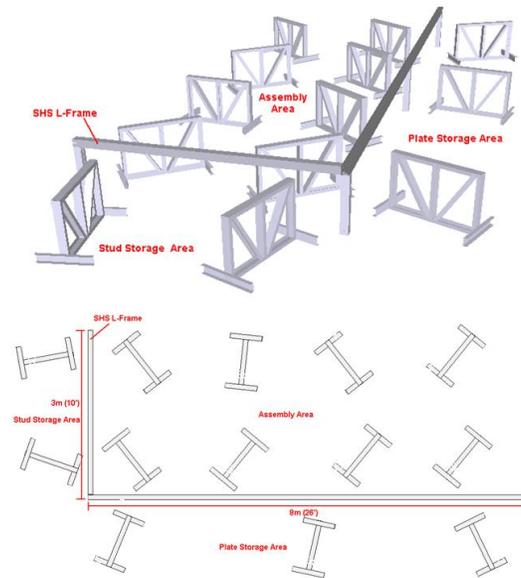


Figura 64. Área de ensamblaje (FRAMECAD)

En el caso de paneles para muros las piezas salen etiquetadas en los extremos que salen primero de la máquina. Estas etiquetas están del lado izquierdo de las piezas horizontales como las soleras o las riostras y en la parte inferior de los parales. Las riostras horizontales deben ir con el lado abierto del perfil orientado hacia abajo. Los parales intermedios se deben colocar primero a través de las perforaciones de las riostras horizontales colocándolos inicialmente en posición casi horizontal y después girándolos hasta que queden en posición final, ver Figura 65.

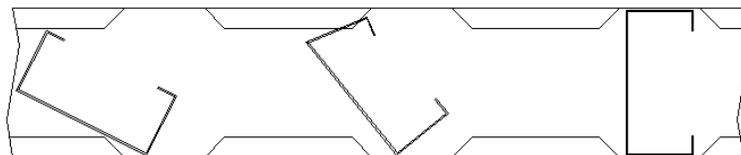


Figura 65. Ensamblaje de parales intermedios

Una vez los parales intermedios estén ubicados se continua con el ensamblaje de las soleras de tal manera que los avellanados de los miembros coincidan – ver Figura 66.

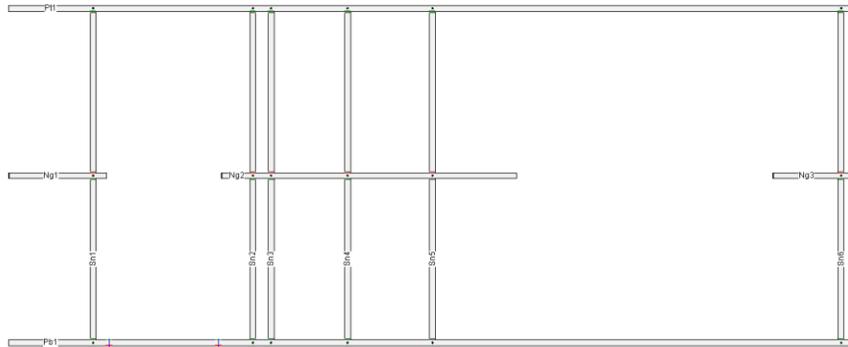


Figura 66. Ensamblaje de parales intermedios y soleras

A continuación, se instalan los parales de los extremos para cerrar el panel ver Figura 67.

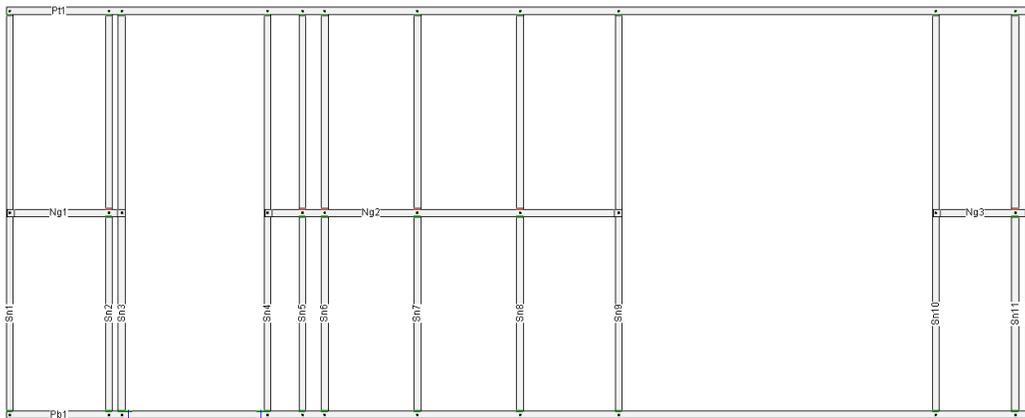


Figura 67. Cerramiento del panel

Para los elementos que conforman el dintel reticulado primero se instala el perfil guía inferior del dintel con el lado abierto del perfil orientado hacia arriba – ver Figura 68.

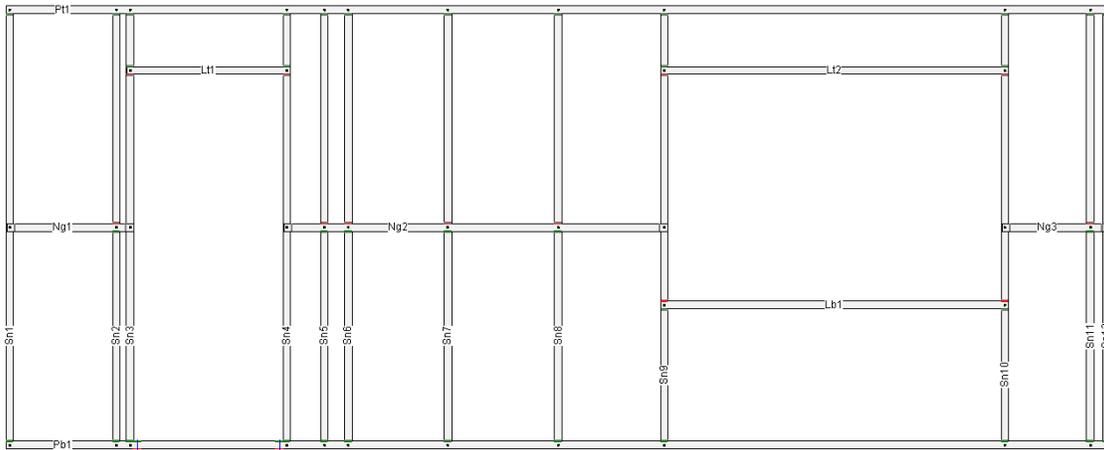


Figura 68. Canal guía inferior del dintel

Continuar con la instalación de las diagonales que conforman el dintel alineando los avellanados de las piezas – ver Figura 69.

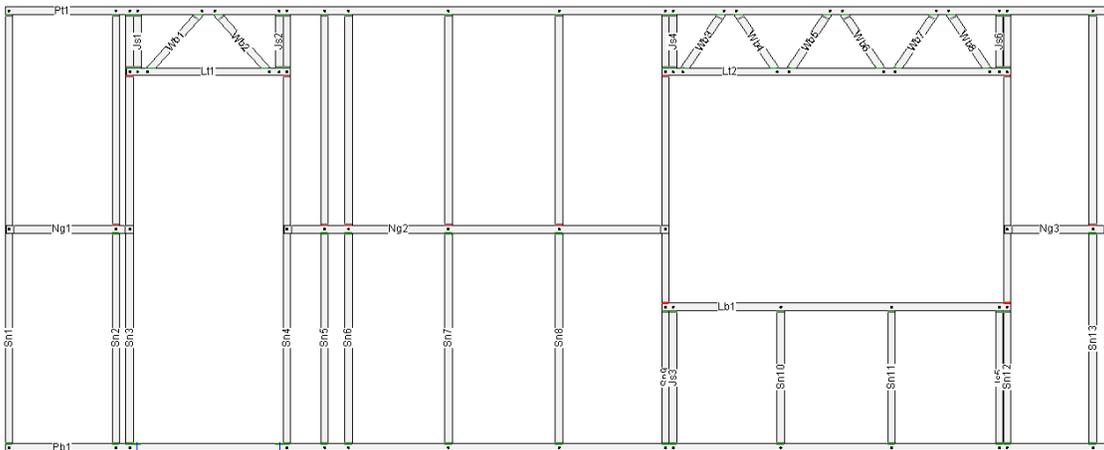


Figura 69. Colocación de diagonales

A continuación, se deben instalar las riostras inclinadas que dotan de rigidez al panel durante la etapa de ensamblaje y transporte a la obra – ver Figura 70.

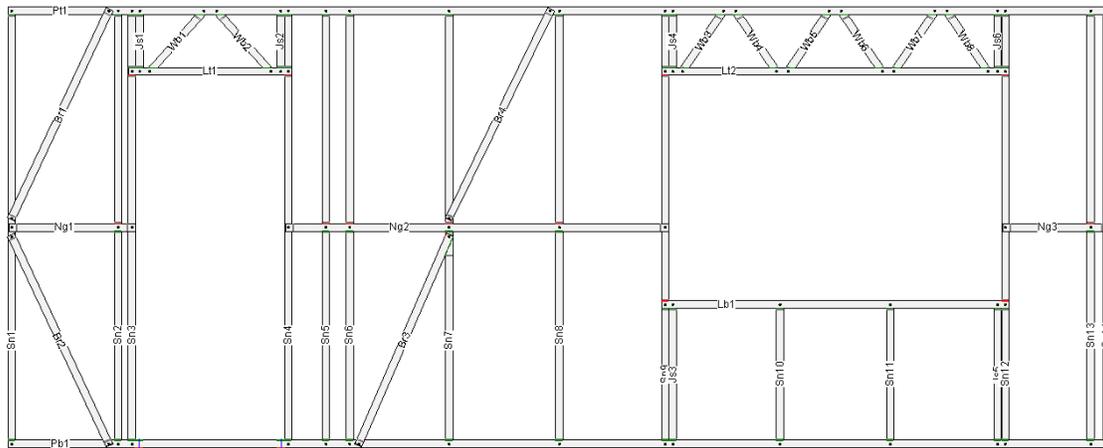


Figura 70. Colocación de rigidizadores

El ensamblaje de paneles con mayor espesor puede requerir un tipo de riostras horizontales simples que no sean continuas a lo largo de todo el panel. Una vez el ensamblado está terminado se procede a fijar las partes con los tornillos por una cara de la pared y después volteando el panel y fijar las uniones por la otra cara. El ensamblaje de viguetas reticuladas y cerchas sigue los mismos conceptos con la diferencia de que se requieren mayor número de tornillos por nudo, en viguetas por lo menos 4 tornillos por nudo.

Para mantener el flujo de trabajo continuo se debe disponer de toda la infraestructura necesaria como los montacargas para cargar y descargar las bobinas, la grúa para el montaje de la bobina en el desbobinador, los taladros recargables para la instalación de los tornillos, los tornillos especificados, etc. Los paneles ensamblados deben ubicarse en estantes metálicos apoyados sobre ruedas que permitan el flujo rápido desde el área de ensamblaje hasta el área designada para almacenamiento o directamente al camión para el transporte a la obra – ver Figura 71.



*Figura 71.* Almacenamiento de paneles ensamblados (FRAMECAD)

### **5.5 Fase V – Montaje**

El proceso de montaje viene antecedido por la fundación la cual facilita el montaje si se logra la base correctamente nivelada y escuadrada. Para estructuras de poca altura se utiliza una placa de concreto maciza y vigas perimetrales e internas alineadas con los muros de carga. El tamaño de las vigas depende del tamaño y capacidad de los anclajes requeridos con base en distancia mínima al borde y una longitud de empotramiento del concreto específica.

El dimensionamiento de la placa debe considerar una distancia mínima sobre el suelo para evitar problemas de humedad o infiltración de agua en la estructura. En la figura 72 se observa un detalle típico del perímetro de una placa de concreto maciza.

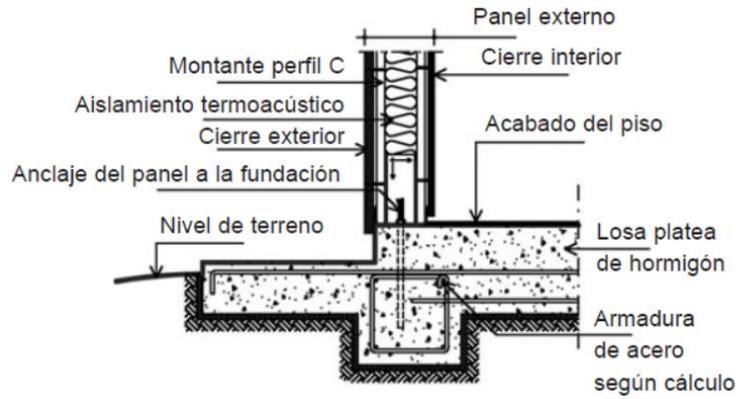


Figura 72. Detalle de viga perimetral de fundación

En el caso de entrepisos elevados se puede proyectar una cimentación superficial con base en zapatas continuas de concreto sobre los cuales se apoyan los entrepisos y los muros de carga - ver Figura 73.

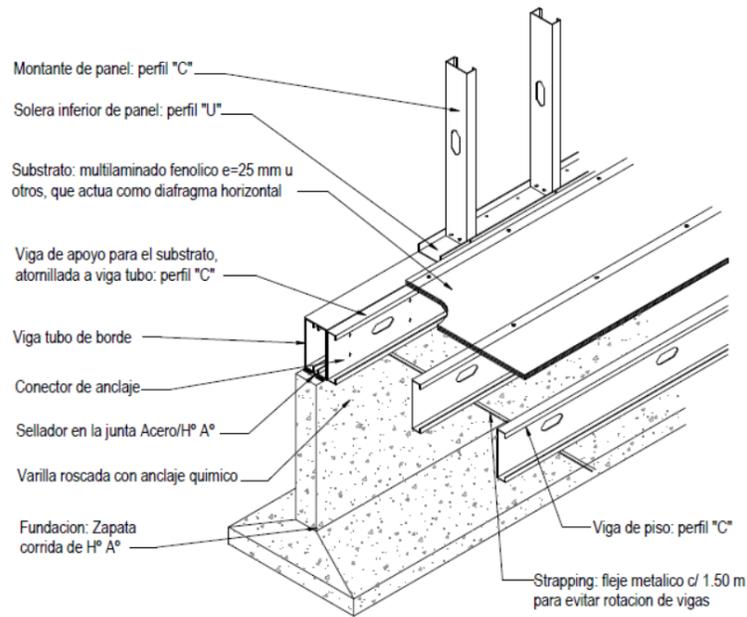


Figura 73. Zapata continua (CONSULSTEEL)

A continuación, se describen los pasos típicos de un montaje.

### Paso 1 – Montaje de muros del primer piso

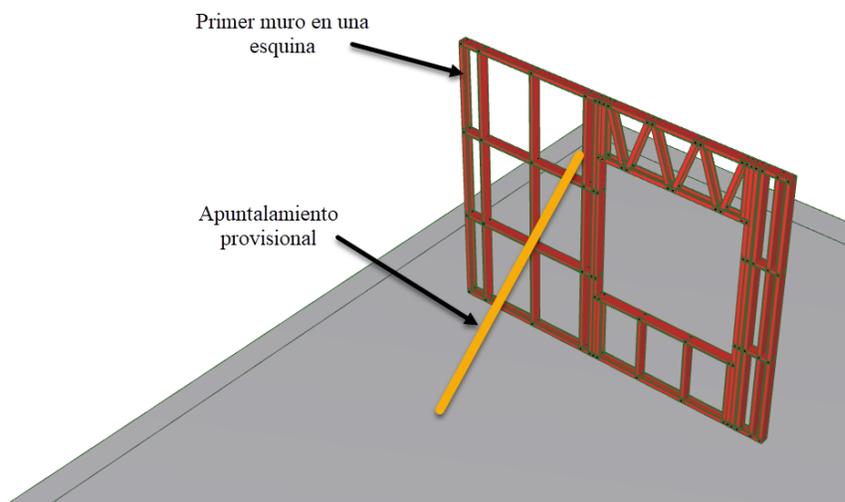
Revisar que los lados de la cimentación estén rectos y a escuadra.

Replantear los ejes de los muros con hilo y tiza.

Instalar una membrana o cinta de sellado hidráulico elástico que separe el concreto del muro.

Revisar la identificación de la pared a instalar y su orientación. Comenzar por las esquinas - ver Figura 74.

Conectar muros adyacentes con un tornillo de cabeza hexagonal #10 y revisar la verticalidad de los muros. Colocar apuntalamientos.



*Figura 74.* Montaje del primer muro

Una vez aplomados los muros completar las conexiones típicas de la Figura 75 como el perfil en C en las esquinas y anclajes provisionales.

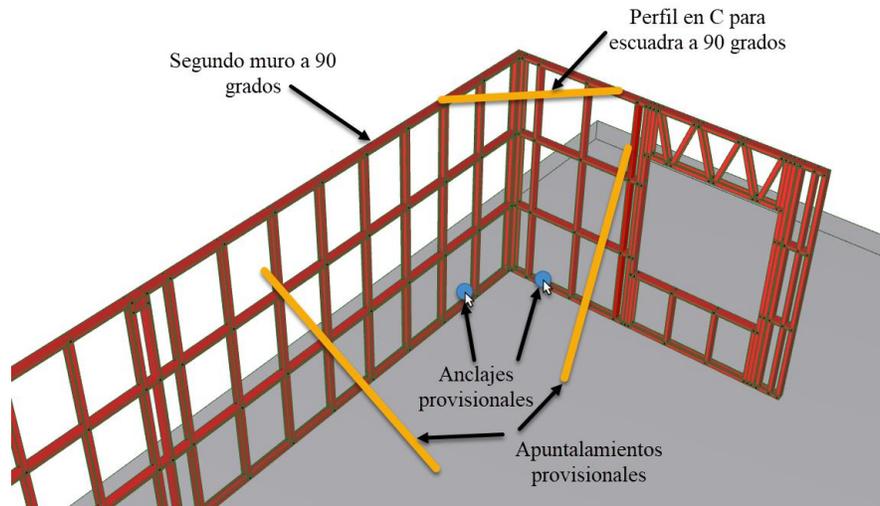


Figura 75. Montaje del segundo muro

Se recomienda utilizar tornillos de cabeza hexagonal #10 hasta espesores de 1.15mm y #12 desde 1.5mm de espesor. Continuar con los demás muros exteriores y apuntalamientos - ver Figura 76.

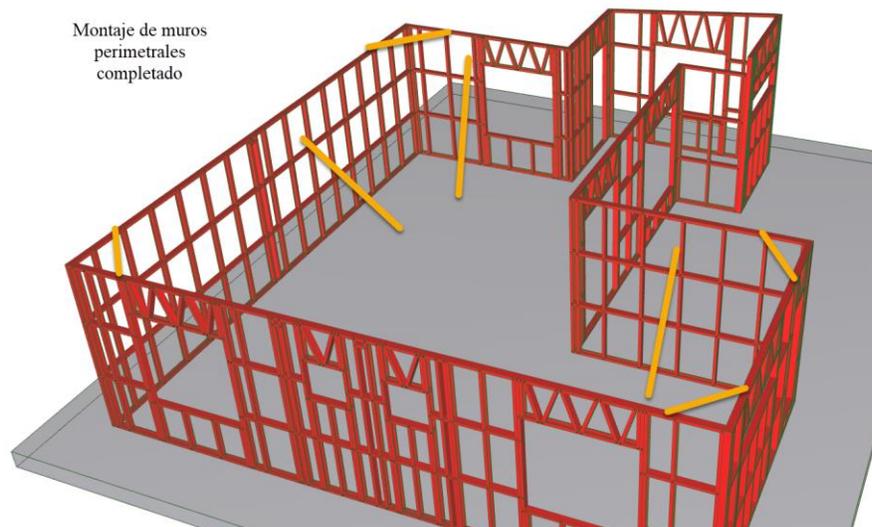
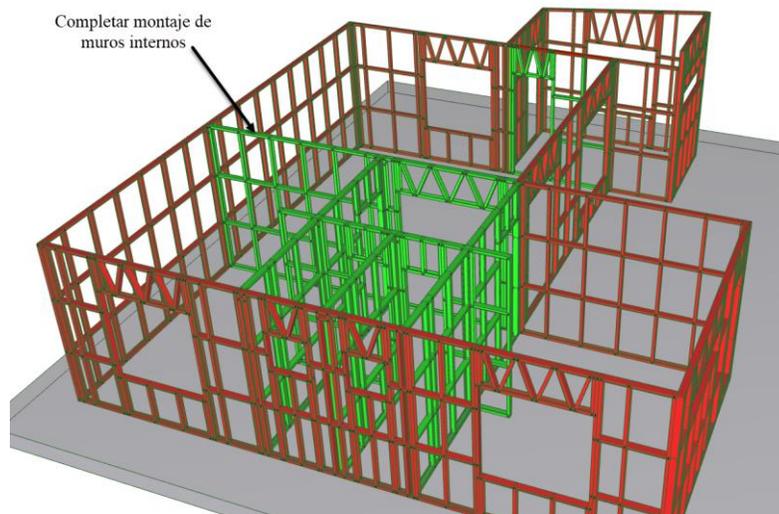


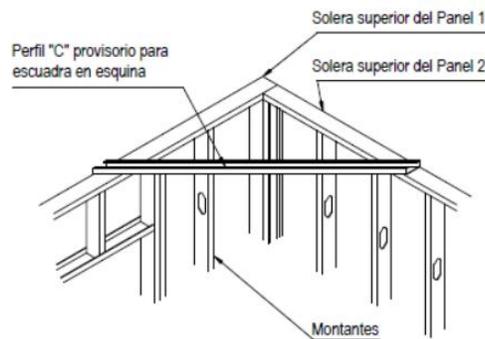
Figura 76. Montaje de muros perimetrales

Continuar con el montaje de los muros interiores - ver Figura 77.



*Figura 77.* Montaje de muros interiores

Verificar que los muros estén nivelados y a escuadra. Una vez verificado instalar diagonales sobre la solera superior para mantenerlos en sitio y después colocar los apuntalamientos temporales y anclajes provisionales - ver Figura 78.



*Figura 78.* Amarre de muros temporal con perfiles

Instalar los anclajes definitivos de acuerdo a los planos de construcción. Ver figuras 79 y 80.

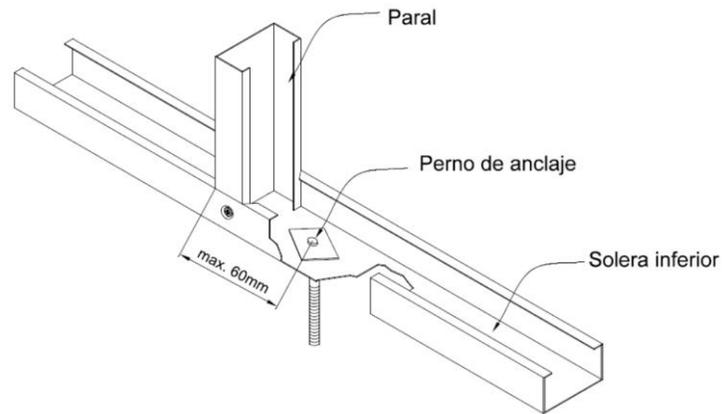


Figura 79. Detalle típico de anclaje al corte para muros no portantes

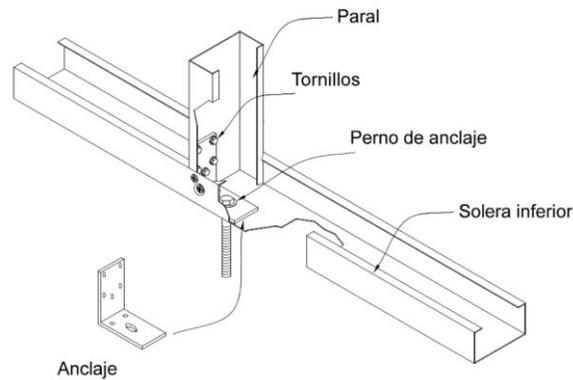
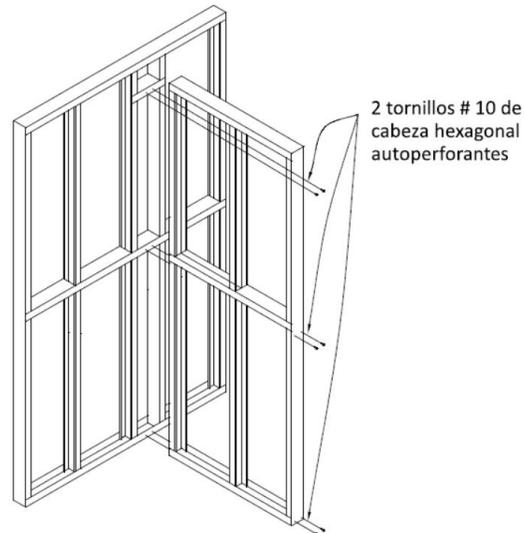


Figura 80. Detalle típico de anclaje al volcamiento

Verificar que los muros estén nivelados y a escuadra. Utilizar 2 tornillos en la solera inferior, 2 en la riostra horizontal y 2 cerca a la solera superior. Si la altura del muro es mayor a 2.5m utilizar 2 tornillos cada 60cm. Ver Figura 81.

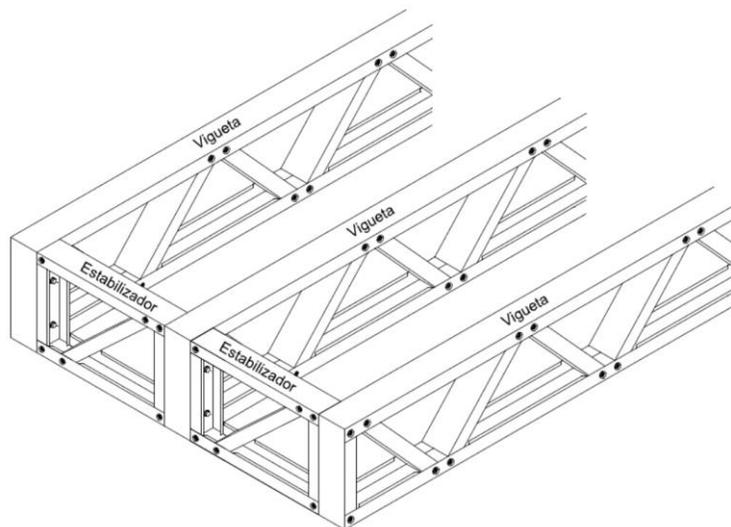


*Figura 81.* Fijación de muros

### Paso 2 – Montaje de viguetas para el entrepiso

Se inicia el montaje de las viguetas de entrepiso comenzando con la vigueta de cierre en un extremo utilizando los bloques o estabilizadores para la separación y fijación de las viguetas.

Verificar la identificación y la orientación de las viguetas - ver Figura 82.



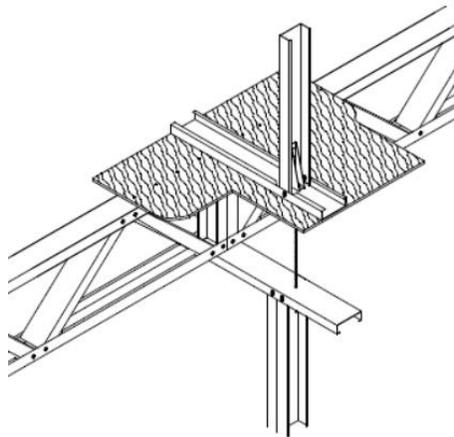
*Figura 82.* Montaje de las viguetas y estabilizadores

Iniciar con la instalación del contrapiso de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Normalmente las juntas deben coincidir con el eje de las viguetas.

Continuar con el montaje de muros en el segundo piso marcando su ubicación con hilo y tiza.

Utilizar un sellante o cinta para separar el acero del contrapiso.

Instalar los anclajes definitivos de acuerdo a los planos de construcción. Ver figura 83.



*Figura 83.* Anclajes a través del entrepiso

Paso 3 – Montaje de muros del segundo piso

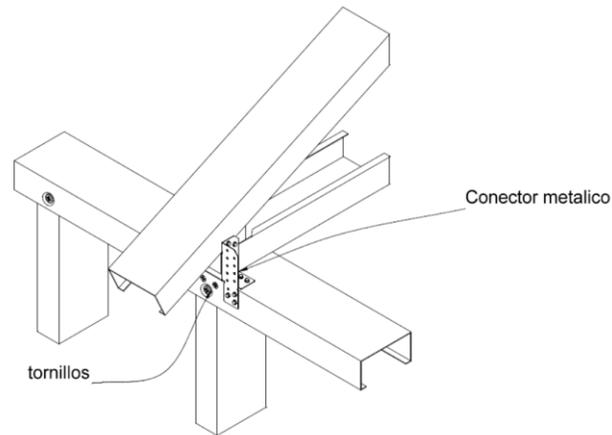
Completar el montaje de todos los muros del segundo piso. Ver Figura 84.



*Figura 84.* Montaje de muros del segundo piso

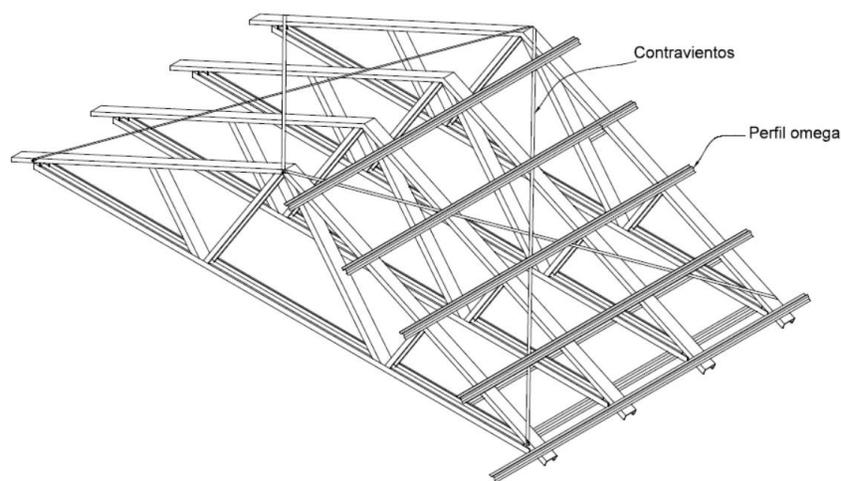
#### Paso 4 – Montaje de los elementos de cubierta

Iniciar el izaje y montaje de la cubierta. Comenzar por el extremo donde está ubicada la primera cercha previa revisión de su identificación y orientación. Continuar con las cerchas estándar a los intervalos especificados en los planos de construcción. Fijar las cerchas con los conectores especificados en los planos de ingeniería. Ver Figura 85.



*Figura 85. Conectores metálicos*

Utilizar contravientos temporales para dar estabilidad a las cerchas. Ver Figuras 86 y 87.



*Figura 86. Contravientos para la cubierta*

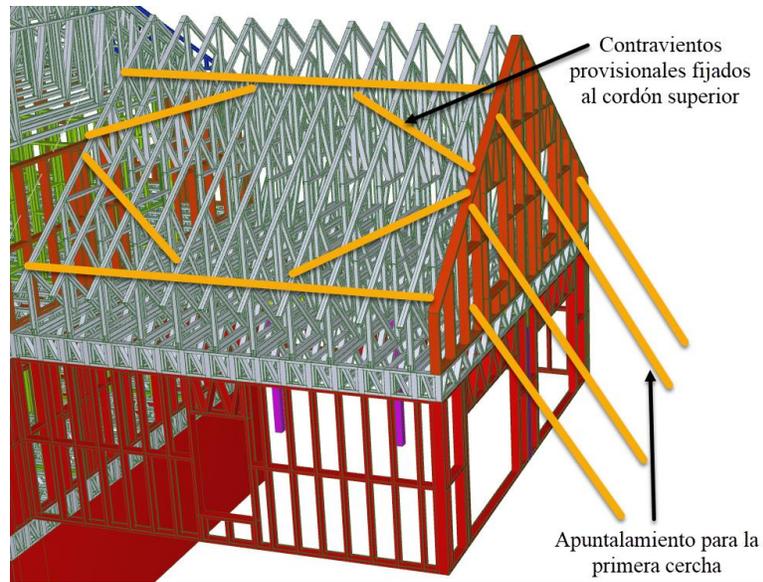


Figura 87. Contravientos temporales para la cubierta

Instalar los contravientos permanentes. Ver Figura 88. Operación

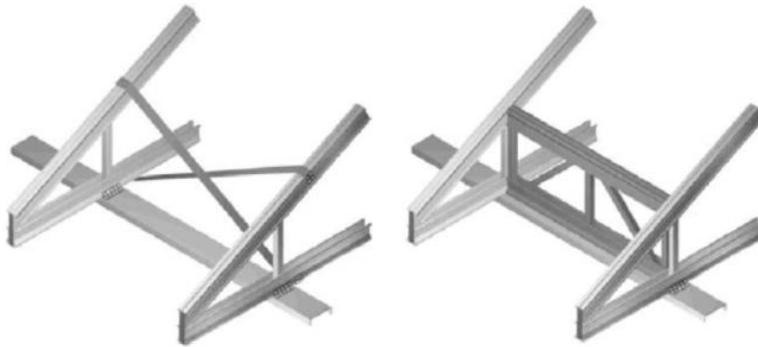


Figura 88. Contravientos permanentes para la cubierta

Instalar las riostras de acero garantizando que las riostras queden tensionadas y fijadas de acuerdo a los planos de construcción. Ver Figura 89.



*Figura 89.* Riostras de acero en X

Las etapas siguientes incluyen el tendido de redes, aplicación de aislamientos, barreras de vapor y recubrimientos de acuerdo a los planos de construcción.

## **5.6 Tipologías de construcción**

Los tipos de ensamblajes en estructuras de acero liviano están definidos por los requerimientos en cuanto al comportamiento térmico, acústico y de resistencia al fuego definidos por el proyecto arquitectónico.

**5.6.1 Comportamiento acústico.** El aislamiento acústico contribuye a controlar la propagación de sonido entre dos ambientes a través de los mismos muros (sistema vertical) o a través de los sistemas de entrepiso. El nivel de intensidad sonora en niveles confortables está en el rango entre 20dB y 40dB mientras que los valores correspondientes al habla están entre los 30dB y 60dB. El rango de frecuencias que capta el oído humano está entre 125Hz y 4000Hz

siendo las frecuencias bajas las correspondientes a sonidos graves y las frecuencias altas a sonidos agudos (U. S. Department of Housing and Urban Development, 2002).

La normativa colombiana especifica los siguientes estándares máximos permisibles de niveles de ruido al interior de edificaciones receptoras por la incidencia del ruido generado por fuentes externas fijas en decibeles ponderados. Estos valores límites son establecidos por la Organización Mundial de la Salud OMS ver Tabla 14.

Tabla 15.

*Niveles de ruido máximos en Colombia (Resolución 6918 de 2010)*

Edificación Receptora/Usos de Suelo	Nivel equivalente de ruido (dB)	
	Periodo Diurno	Periodo Nocturno
Edificaciones de uso residencial	55	45

Nota: Adaptado Resolución 6918 de 2010

La propagación del sonido a través de barreras físicas se compone de los siguientes fenómenos físicos: sonido por el aire y sonido a través de sólidos.

En el sonido por el aire la vibración transmitida por este medio trata de poner a vibrar la barrera física (muro, entrepiso o cubierta) y en el proceso una parte del sonido es rechazada y otra es absorbida a través de la barrera, lo que se conoce como pérdidas de transmisión, después el sonido continuo su paso hacia el espacio ubicado al otro lado de la barrera hasta llegar a la persona receptora. En el sonido a través de sólidos el elemento físico se excita sin necesidad de usar el aire como medio de transporte, por lo cual, para la misma energía de excitación se produce en el elemento mucho más ruido. Los sistemas de acero liviano a pesar de no poseer gran masa, dependiendo de los materiales de recubrimiento y aislamiento usados dentro de las cavidades del esqueleto estructural, pueden generar grandes cantidades de pérdida de transmisión

de sonido aéreo si se construyen con altos estándares de calidad generando los niveles esperados de protección acústica. Por ejemplo, en una pared interna el material aislante (lana de roca) tiende a desacoplar las masas de los recubrimientos y absorbe la energía de excitación que viaja a través del aire.

Con el fin de evitar la propagación de ruido a través de la estructura de un entrepiso a través de un medio sólido o por impacto, por ejemplo, el producido al caminar, se debe colocar una capa resistente o amortiguadora de sonido entre el revestimiento del piso y la estructura. Esta puede ser una lana de vidrio compacta o de polietileno expandido en el caso de entrepisos húmedos o una espuma embebida en bitumen en la cara superior de las viguetas en el caso de entrepisos secos. Los materiales de recubrimiento poseen propiedades que permiten determinar el grado de porosidad de los mismos de lo cual depende el nivel de absorción y de reflexión de las ondas sonoras.

Las normas americanas establecen un sistema de clasificación de transmisión de sonido a través del aire, Sound Transmission Class – STC, el cual es determinado por ensayos y métodos de cálculo especificados en la norma ASTM E90 y ASTM E413. El ensayo parte por la construcción de una barrera tal como un sistema de paredes o entrepisos que se quiera medir en un cuarto con dos espacios separados por la barrera. En un espacio se ubica la fuente de emisión sonora la cual emite sonidos a diferentes frecuencias y en el espacio adyacente se mide el nivel de presión sonora en una fuente receptora. La diferencia de niveles entre los dos espacios se conoce como la pérdida de transmisión sonora y se plotea para el rango de frecuencias medido. Una vez determinada esta gráfica se debe superponer con la curva de referencia establecida en la norma E413 de tal manera que no más de 32 datos del ensayo sean inferiores a los valores de la curva de referencia y la diferencia de frecuencias no supere 8dB para cualquier frecuencia [61].

El valor STC del sistema ensayado se toma como el valor correspondiente a una frecuencia de 500 Hz medido sobre la curva de referencia – ver Figura 90.

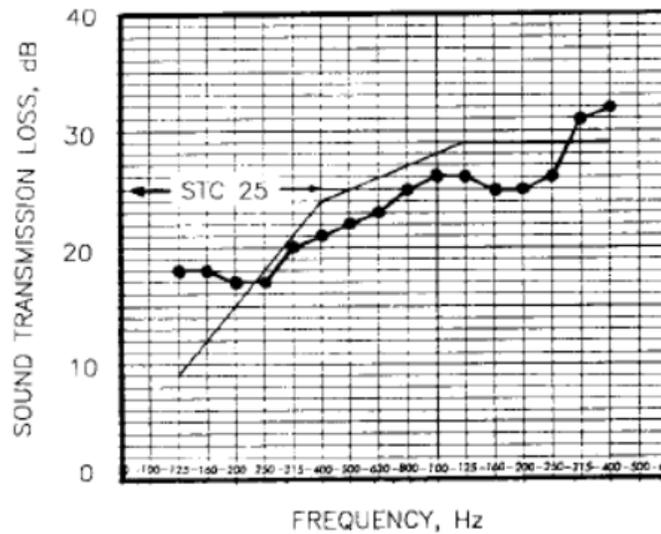


Figura 90. Clasificación de transmisión sonora STC

A fin de obtener un ensamblaje vertical como una pared con un valor alto de clasificación de transmisión de sonido a través del aire STC se deben considerar las siguientes variables (National Gypsum., 2015)

**Masa:** incrementando la masa de la pared se incrementa el material que deben atravesar las ondas sonoras aéreas de un espacio a otro, lo cual se puede lograr a través de la colocación de varias capas de recubrimiento.

**Rigidez:** reduciendo la rigidez de la pared genera un incremento de la pérdida de transmisión sonora. Por esta razón el desempeño acústico de una pared con parales a 60cm de espaciamiento es mejor comparado con la misma pared con parales espaciados a 40cm.

Amortiguamiento: se refiere a la habilidad para disipar la energía de vibración producida por las ondas sonoras y por lo tanto se reduce la cantidad de energía que debe penetrar la pared.

Profundidad de la pared: el incremento del espacio entre los recubrimientos, es decir, la profundidad de la pared lleva a un incremento en las pérdidas de transmisión sonora, especialmente si este espacio se rellena con material aislante acústico.

Absorción de la cavidad: el espesor de un material de absorbente acústico como la lana de vidrio mejora el desempeño acústico y tiene mejores efectos que el uso de lana de vidrio de mayor densidad.

En la tabla 15 se observan las clases de transmisión sonora STC para varios materiales de construcción (Sarmanho & Moraes , 2007).

Tabla 16.

*Clases de Transmisión Sonora*

Componente de la Construcción	CTSA
Pared de ladrillo de 25 cm	52
Placa de vidrio de 6 mm	26
Bloque de concreto celular autoclavado	45
Panel de yeso cartón con montantes 90x40 a cada 400 mm con placas de yeso de 12,5 mm a ambos lados sin aislamiento con lana mineral	33
Panel de yeso cartón con montantes 90x40 a cada 400 mm con placas de yeso de 15 mm a ambos lados sin aislamiento con lana mineral	34
Panel de yeso cartón con montantes 90x40 a cada 400 mm con placas de yeso de 12,5 mm a ambos lados con aislamiento de lana mineral de 50 mm de espesor	36
Panel de yeso cartón con montantes 90x40 a cada 400 mm con placas de yeso de 15 mm a ambos lados con aislamiento de lana mineral de 50 mm de espesor	38
Panel de yeso cartón con montantes 90x40 a cada 600 mm con placas de yeso de 15 mm a ambos lados con aislamiento de lana mineral de 75 mm de espesor	45-49
Panel de yeso cartón con montantes 90x40 a cada 600 mm con 2 placas de yeso de 15 mm a ambos lados con aislamiento de lana mineral de 75mm de espesor	50-54

En la tabla 16 se observa el desempeño cualitativo para varias clases de transmisión sonora dentro de un entorno de ruido ambiental establecido en un nivel de 30dB, para diferentes actividades con diferentes tipos de ruido en una ocupación de tipo residencial.

Tabla 17.

*Comparación de desempeño*

Tipo de Ruido	Clase de Transmisión Sonora (dB)				
	40	45	50	55	60
Habla normal	2	3	4		
Tono alto	1	2	3	4	
Reunión familiar/risas	1	2	3	4	4
Gritos	1	1	2	3	4
Televisión pequeña	1	1	2	3	4
Sistema de entretenimiento	1	1	1	2	3
DVD con sistema de sonido envolvente	1	1	1	2	2
Televisión digital con sistema de sonido envolvente	1	1	1	2	2

Nota: Nivel 1 – se escucha claramente. Nivel 2 – Se escucha. Nivel 3 – Apenas se escucha.

Nivel 4 – No se escucha

La transmisión de sonido por impacto se puede reducir colocando una capa elástica continúa extendiéndola verticalmente en los extremos del perímetro del piso por encima, entre la estructura del entrepiso y los tableros de terminación con el efecto de amortiguar el sonido. El desempeño acústico por transmisión de sonido por impacto es mejor en pisos con mayor masa la cual se logra con mayor número de capas de revestimiento.

**5.6.2 Resistencia al fuego.** El acero liviano está clasificado como un material de alta transmitancia térmica, pero a su vez no combustible es decir que no contribuye a la propagación del fuego. La resistencia al fuego se reduce con el incremento de temperatura debido a que el acero tiende a calentarse rápidamente, el módulo de elasticidad y la resistencia se degradan y

adicionalmente se generan momentos de flexión adicionales debido a que el miembro no permanece recto afectando la capacidad estructural.

Comparativamente con secciones de acero laminado en caliente la pérdida de resistencia en elementos de acero conformado en frío es más rápida con el incremento de la temperatura. De acuerdo a Sidey y Teague (1988) el acero laminado en caliente retiene su capacidad total hasta una temperatura de 400°C mucho más allá del límite para el acero conformado en frío [63]. Ver Figura 91.

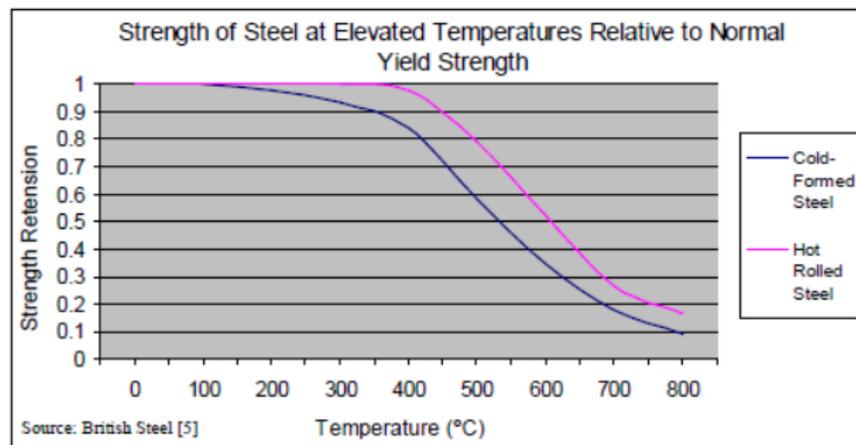


Figura 91. Resistencia del acero en función de la temperatura (HUD 2002)

Por lo anterior los sistemas de acero conformado en frío requieren de sistemas de protección para asegurar la estabilidad en condiciones de fuego. Los sistemas de protección van de la mano con este sistema constructivo y los mismos tableros de recubrimiento como placas de yeso estándar y con aditivos especiales que las hacen más resistentes al fuego son de uso común, así como placas cementicias y placas de madera, con las que se pueden obtener sistemas con resistencia entre 1 y 3 horas para cumplir con las normas. El uso de lana de roca como aislante acústico también contribuye a la resistencia al fuego.

La mayoría de normas internacionales se basan en ensayos a escala total estándar de resistencia al fuego para determinar el desempeño de sistemas de construcción. Entre las normas más reconocidas se encuentran la ASTM E119 [64] y la ISO 834 [65] las cuales contienen curvas patrones de temperatura vs tiempo con la variación de temperatura controlada en el tiempo y aplicada al sistema ensayado (Phan, McAlliste, & Gross, 2009) ver Figura 92.

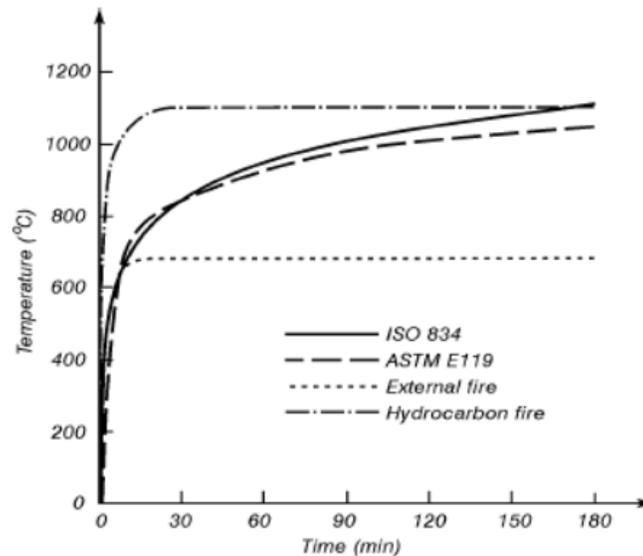


Figura 92. Curvas del fuego patrón para el ensayo de resistencia al fuego (NIST)

Las normas exigen los ensayos a escala completa ya que de esta forma se puede evaluar el método de construcción incluyendo factores como expansión térmica, efectos locales y deformaciones. Para muros portantes y particiones, el tamaño del espécimen a ensayar no debe ser menor a 9m<sup>2</sup> y ninguna dimensión debe ser menor a 2.7m. Los criterios de aceptación de un ensayo de muros son la estabilidad del sistema, su integridad y el aislamiento.

Para cumplir el criterio de estabilidad el sistema ensayado debe soportar la carga aplicada sin colapsar. La carga aplicada como se anotó anteriormente se reduce con el incremento en la temperatura. En la Figura 93 se observan los ensayos realizados en varios sistemas de muros en

el cual  $P_t$  es la carga que produce la falla a elevadas temperaturas y  $P$  es la carga que produce la falla a temperatura ambiente. La línea horizontal representa el inverso del factor de seguridad usado para el diseño de parales a temperatura ambiente y la intersección de las curvas con esta línea horizontal representa el tiempo estimado en el cual fallaría el ensayo de resistencia al fuego si se aplicara un 100% de la carga de diseño del paral a temperatura ambiente (Steel Framing Alliance, 2007).

Los criterios de integridad y aislamiento indican la habilidad del sistema para contener el fuego dentro del espacio donde se genera sin que se propague a otros espacios. La integridad del sistema implica que no se presenten fisuras que permitan el paso de la llama o gases a través del sistema ensayado. El criterio de aislamiento busca que la temperatura en el lado frío del sistema ensayado no exceda  $140^{\circ}\text{C}$  en promedio o un máximo de  $180^{\circ}\text{C}$  de manera individual. En el ensayo se utilizan termopares para medir las temperaturas y las normas indican su colocación dentro del sistema.

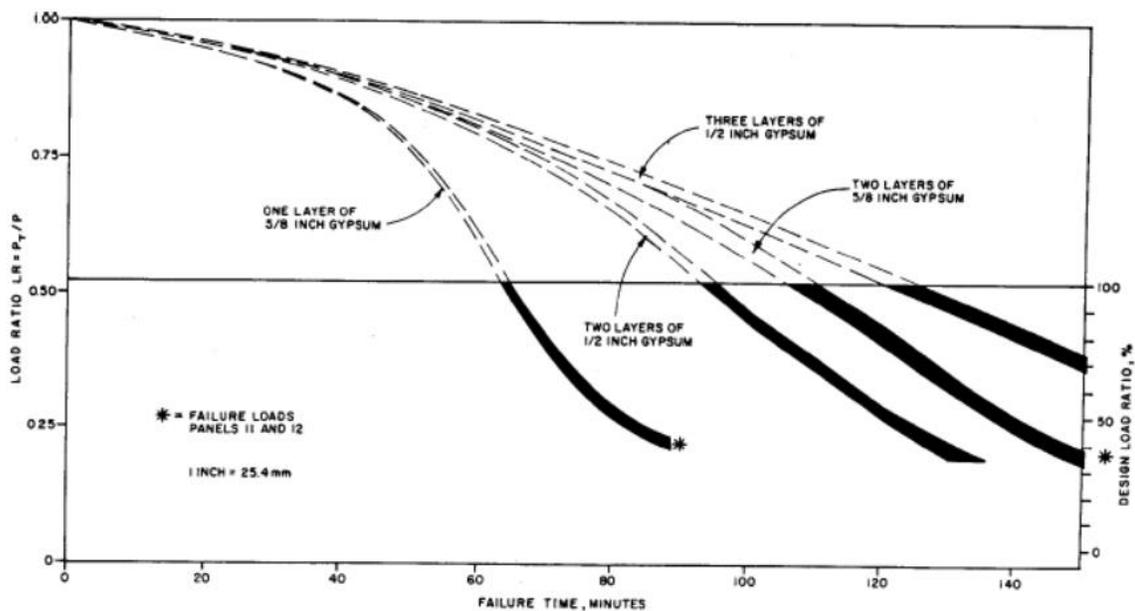


Figura 93. Reducción de capacidad de carga en el tiempo para muros

La norma sismo resistente NSR10 en su capítulo J establece las categorías de las edificaciones para efectos de resistencia al fuego y la resistencia al fuego requerida para diferentes componentes de las edificaciones con base en ensayos de fuego normalizado descritos en la norma ISO834. Ver Tabla 17.

Tabla 18.

*Resistencia al fuego requerida en Colombia (NSR10)*

Elementos de la construcción	Categoría según la clasificación del título J de la NSR-10		
	I	II	III
<b>Cubiertas</b>	1	1	1.5
<b>Muros divisorios no portantes</b>	1.5	1.25	-
<b>Columnas, vigas, viguetas, losas, muros portantes y estructuras metálicas en celosía</b>	2	1.5	1
<b>Muros divisorios entre unidades</b>	2	1.5	1

En Estados Unidos existen organizaciones especializadas en ejecutar los ensayos y los reportes expedidos son certificados. Una de las organizaciones ampliamente conocidas es “Underwriters Laboratories” la cual contiene un listado de reportes para diferentes sistemas de muros, entrepisos y cubiertas. Los reportes incluyen información correspondiente al sistema ensayado, descripción detallada de la estructura de acero conformado en frío, tamaño de los perfiles, calibre, espaciamiento entre parales en el caso de muros, espesor y tipo de tableros de recubrimientos y material aislante.

**5.6.3 Comportamiento Térmico.** En el comportamiento térmico de un subsistema se debe considerar el desempeño de todo el sistema ensamblado en lugar de los materiales en forma individual. El objetivo del aislamiento térmico es controlar la transferencia de calor dependiendo del tipo de clima donde se ubique la edificación. En los países ubicados en los hemisferios donde

hay pronunciados cambios de temperatura por las estaciones se hace esencial la economía en la energía para el funcionamiento de sistemas de calefacción o ventilación. La resistencia térmica o inversamente la conductividad térmica es un indicador del desempeño térmico.

Existen varios métodos para el análisis del desempeño térmico de muros de acero conformado en frío, los cuales se encuentran especificados por parte de la Sociedad Americana de Ingenieros de Aire Acondicionado, Refrigeración y Calefacción (ASHRAE por sus siglas en ingles). Los métodos más utilizados son el método por zonas y el método por zonas modificado (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001) Estos métodos fueron creados para combinación de materiales con altas diferencias en conductividad térmica tal como los sistemas de acero conformado en frío.

Los siguientes términos deben definirse de manera clara para entender el comportamiento térmico: transferencia de calor, factor de ensamblaje, interfaces, resistencia térmica y conductividad térmica (Black, , 2011).

La transferencia de calor se define como la transferencia de energía generada por una diferencia de temperaturas. La energía se desplaza desde regiones con más altas temperaturas hacia regiones con temperaturas más bajas a través de uno de estos tipos de modos: conducción, radiación o convección. El modo de conducción a través de solidos es el que sucede en sistemas de acero conformado en frío. En cualquier sistema de muros de acero liviano se presenta el flujo de calor directamente a través de la cavidad y a través de los miembros del panel. El factor de ensamblaje es el porcentaje del área total de superficie de muro que ocupan los perfiles de acero que constituyen los miembros del panel. Un factor de ensamblaje alto resulta en pérdidas de calor más altas para el sistema ensamblado.

La interface se refiere a cómo los diferentes componentes de la edificación se conectan entre sí, por ejemplo, las interfaces entre muros, entre muro y cielo raso, dinteles, etc. Una gran cantidad de detalles de interface en un muro genera un factor de ensamblaje alto y por ende altas pérdidas de calor.

El coeficiente de conductividad térmica designado como  $\lambda$ , es una propiedad del material que indica su capacidad para ser utilizado como material de aislamiento térmico y sus unidades se dan en W/ (M C). En la Tabla 18 se observan valores típicos para algunos materiales usados en la construcción con acero de lámina delgada y se entiende que entre más bajo sea el coeficiente de conductividad mejor es el comportamiento como elemento aislante.

Tabla 19.

*Coefficientes de conductividad*

<b>Material Aislante</b>	<b>Densidad P (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Coefficiente de Conductividad Térmica <math>\lambda</math> W/(m C)</b>
Poliestireno Expandido	-	0.029 - 0.046
Lana Mineral	-	0.031 – 0.050
Placa de yeso	750 - 900	0.25
Tablero de OSB	750 - 900	0.24
Fibracemento	1250 - 1350	0.20
Cemento, mortero, estuco	1920	1.40

La resistencia térmica designada con R es una medida de la resistencia del material que se opone a la transferencia de calor. El valor de R para un material específico se puede calcular dividiendo su espesor entre el coeficiente de conductividad térmica  $\lambda$ . Las unidades de este índice son M<sup>2</sup> C / W y entre más alto sea el valor de R mejor es el desempeño térmico del sistema.

La transmitancia térmica designada con U es un coeficiente que mide la transferencia de calor a través de un elemento en un área determinada. La transmitancia térmica es el recíproco de

la resistencia térmica y sus unidades son  $W/(M^2 C)$ . Entre más bajo sea el valor de U mejor es el desempeño térmico del sistema. La relación entre los índices R y U se observan en la Figura 94.

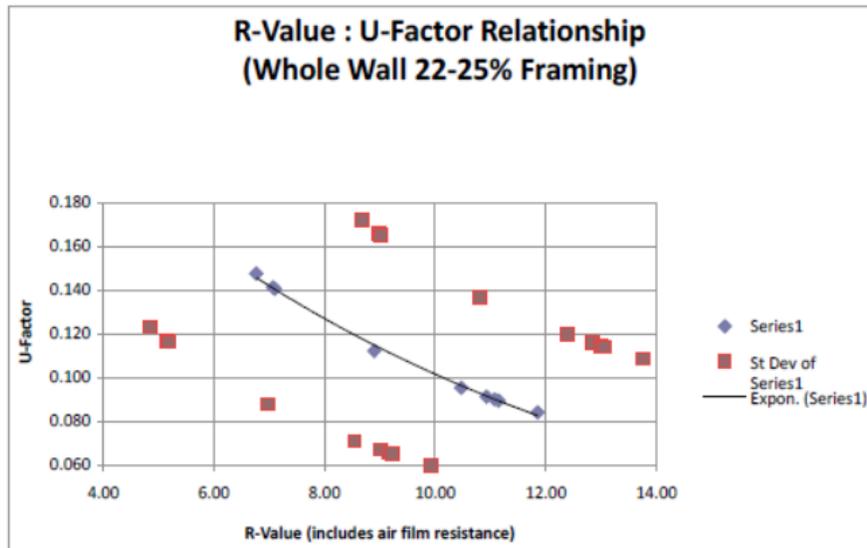


Figura 94. Relación entre R y U

Un concepto importante a considerar es el de los puentes térmicos que ocurren cuando existe una trayectoria de alta conductividad térmica para el paso de calor. En el sistema de muros de acero conformado en frío estos puentes existen cuando los perfiles de acero que conforman la pared penetran el material de aislamiento, por ejemplo, donde se localizan los parales, las soleras y las riostras. Todos estos miembros permiten el flujo de calor desde el espacio o ambiente con más altas temperaturas hacia el ambiente con más bajas temperaturas a través del acero pasando por alto el material de aislamiento colocado entre los perfiles. En un muro exterior de una edificación esto conlleva a unas zonas frías en la superficie interna del muro precisamente donde se ubican los perfiles que conforman el muro. Si la temperatura de estas superficies es inferior a la del punto de rocío se puede formar condensación en los puentes térmicos fríos. Adicionalmente los puentes térmicos reducen significativamente la resistencia térmica.

Por lo anterior se utilizan barreras de aislamiento térmico para impedir la transferencia de calor y evitar el efecto de puente térmico. Una forma es a través de la instalación de material aislante en la cara exterior de los muros perimetrales de la edificación de tal manera que si la condensación ocurre esta no se dé dentro del espacio del muro. Este material de aislamiento adicionalmente incrementa la resistencia térmica del sistema.

El material que provee la discontinuidad del puente térmico puede ser poliestireno expandido (EPS) o poliestireno extruido (XPS) instalado directamente al panel de acero en forma de un panel completo o de tiras de material fijado a los perfiles de acero. La barrera de vapor puede ir en la cara externa del poliestireno de tal manera que cualquier condensación que se genere se mantiene alejada del acero.

La barrera de vapor también puede colocarse en la cara interna del poliestireno expandido en cuyo caso se debe instalar en tiras para generar una cámara de aire exterior. Las tiras deben tener un traslapeo con la lana de roca dependiendo de los coeficientes de conductividad térmica de los materiales. Las tiras de poliestireno colocadas sobre las riostras y soleras horizontales deben ser de menor espesor comparadas con las tiras instaladas sobre los parales para permitir ventilación y drenaje.

Adicionalmente se puede generar una cámara de aire o cavidad con listones colocados en la cara externa del poliestireno y barrera de vapor. Algunos valores típicos de resistencia térmica para poliestireno expandido y poliestireno extruido se muestran en la tabla 19.

Tabla 20.

*Valores típicos de resistencia térmica para EPS y XPS*

Puentes Térmicos	Espesor (mm)	Resistencia Térmica R
		(M <sup>2</sup> C/W)
EPS	10	0.29
	15	0.42
	20	0.56
	40	1.11
XPS	10	0.37
	15	0.56
	20	0.74
	40	1.48

Valores típicos de resistencia térmica para diferentes tipos de recubrimiento se muestran en la tabla 21.

Tabla 21.

*Valores típicos de resistencia térmica para revestimientos típicos*

Tipo de Recubrimiento	Resistencia Térmica R	
	Cavidad entre 20mm y 50mm	Fijación Directa
Madera traslapado	0.22	0.31
Fibrocemento traslapado	0.14	0.13
Concreto celular en autoclave (50mm)	0.24	0.36
Estuco (20mm)	0.10	0.05
Acero corrugado	0.09	0.03
Tablero de fibrocemento (7.5mm)	0.10	0.06
EIFS (50mm)	0.72	1.43
Ladrillo macizo (70mm)	0.12	-
Madera multilaminado (12mm)	0.13	0.12

En la Tabla 22 se presentan algunas tipologías con los parámetros de desempeño térmico calculado con base en el método de zona modificado, desempeño acústico y de resistencia al fuego (Elhajj, 2013) otras tipologías se presentan en el Apéndice C (Framecad, 2019).

Tabla 22.

*Tipologías para sistemas de muro y entrepiso*

<b>Ensamblaje No.</b>	<b>Aplicación, configuración parales y espesor</b>	<b>Recubrimiento exterior muros o superior entrepisos</b>	<b>Recubrimiento Interior muros o inferior entrepisos</b>	<b>Resistencia Al Fuego (min)</b>	<b>Transmisión Sonora (STC – dB)</b>	<b>R (M<sup>2</sup> C/W)</b>	<b>Documento Referencia</b>
1	Muro Interno no portante. Perfiles 89x41, 150x41 a 60cm 0.75mm a 2.0mm de espesor	6mm placa de fibrocemento, Tornillo auto perforante de cabeza plana No.8 a 30cm	6mm placa de fibrocemento, Tornillo auto perforante de cabeza plana No.8 a 30cm	15	36	0.02	Redbook CSR600
2	Muro Interno no portante. Perfiles 89x41, 150x41 a 60cm 0.75mm a 2.0mm de espesor	9mm placa de fibrocemento, Tornillo autor perforante de cabeza plana No.8 a 30cm	9mm placa de fibrocemento, Tornillo auto perforante de cabeza plana No.8 a 30cm	30	41	0.02	Redbook CSR600 Reporte SGS SC09072081 8
3	Muro Interno no portante. Perfiles 89x41, 150x41 a 60cm 0.75mm a 2.0mm de espesor	12mm Placa de yeso, Tornillo auto perforante tipo drywall No.6 a 30cm	12mm Placa de yeso, Tornillo auto perforante tipo drywall No.6 a 30cm	30	36	0.18	Redbook CSR600 UL423
4	Muro Interno no portante. Perfiles 89x41, 150x41 a 60cm 0.75mm a 2.0mm de espesor	15mm Placa de yeso RF, Tornillo auto perforante tipo drywall No.6 a 20cm Lana Mineral	15mm Placa de yeso RF, Tornillo auto perforante tipo drywall No.6 a 20cm Lana Mineral	60	49	1.70	Lafarge Gypsum LPF102-60/1 Gypsum Association GA WP1083 WP8007
5	Muro Interno no portante. Perfiles 89x41, 150x41 a 60cm 0.75mm a 2.0mm de espesor	2 capas 15mm Placa de yeso RF, Tornillo auto perforante tipo drywall No.6 a 20cm Lana Mineral	2 capas 15mm Placa de yeso RF, Tornillo autor perforante tipo drywall No.6 a 20cm Lana Mineral	120	55	1.90	Lafarge Gypsum LPF64-120/2 Gypsum Association GA WP1522

6	Muro Externo o Interno portante. Perfiles 89x41, 150x41 a 60cm 0.95mm a 2.0mm de espesor	12mm Placa de fibrocemento, Tornillo auto perforante No.8 a 20cm perimetral y 30cm internamente, Barrera de vapor, Lana Mineral	15mm Placa de yeso RF, Tornillo auto perforante tipo drywall No.6 a 20cm Lana Mineral	60	45	1.70	Gypsum Association GA WP8002 WP1035  ULU404
7	Muro Externo portante. Perfiles 89x41, 150x41 a 60cm 0.95mm a 2.0mm de espesor	12mm Placa de fibrocemento, Tornillo auto perforante No.8 a 20cm, Barrera de vapor, 50mm EIFS (EPS), 3 manos de estuco, Lana Mineral	2 capas 15mm Placa de yeso RF, Tornillo auto perforante tipo drywall No.6 a 20cm Lana Mineral	120 (cara interna)	50	2.73	Shera Board Gypsum Association GA WP1035  ULU404
8	Muro Externo o Interno portante. Perfiles 89x41, 150x41 a 60cm 0.95mm a 2.0mm de espesor	9mm Placa de fibrocemento, Tornillo auto perforante No.8 a 20cm perimetral y 30cm internamente, Lana Mineral	9mm Placa de fibrocemento, Tornillo auto perforante No.8 a 20cm perimetral y 30cm internamente, Lana Mineral	30	49	1.40	Gypsum Association GA WP1035 WP8002
9	Muro Externo o Interno portante. Perfiles 89x41, 150x41 a 60cm 0.95mm a 2.0mm de espesor	12mm Placa de fibrocemento, Tornillo auto perforante No.8 a 20cm perimetral y 30cm internamente, Espuma expandible	12mm Placa de fibrocemento, Tornillo auto perforante No.8 a 20cm perimetral y 30cm internamente, Espuma expandible	60	44	0.32	Shera Board  RP08-7 ULC W438
10	Viguetas para entresijos, Perfiles 89x41, 150x41 a 1.20m max, 0.75mm a 2.0mm de espesor	18mm Placa de fibrocemento, Tornillo auto perforante No.8 a 15cm, Lana mineral	Perfil omega a 30cm, Tornillo auto perforante No.8, 15mm Placa de yeso, Tornillo auto perforante No.8 tipo	60			UL M507

			drywall a 30cm, Lana mineral				
11	Viguetas para entrepisos, Perfiles 89x41, 150x41 a 1.20m max, 0.75mm a 2.0mm de espesor	Lámina corrugada de acero de 10mm de altura x 0.4mm de espesor, Tornillo auto perforante No.8 a 35cm, Malla soldada de 15cm x 15cm, Calibre 10x10, Min 50mm de concreto ligero densidad 1800Kg/m <sup>3</sup>	Perfil omega a 40cm, Tornillo auto perforante No.8, 2 capas de 15mm Placa de yeso, Tornillo auto perforante No.8 tipo drywall a 30cm	120			UL G542 UL G540
12	Cieloraso, Perfiles 89x41, 150x41 a 1.20m max, 0.75mm a 2.0mm de espesor	N/A	15mm Placa de yeso RF, conectada a cieloraso o perfil omega, Tornillo auto perforante No.6, tipo drywall a 20cm, Lana mineral	30			GIB Fire rated systems GBUC30
13	Muro interno no portante, Perfiles 89x41, 150x41 a 1.20m max, 0.75mm a 2.0mm de espesor	12mm Placa de fibrocemento, Tornillo auto perforante No.8 a 15cm, Lana mineral	15mm Placa de yeso RF, Tornillo auto perforante No.6, tipo drywall a 20cm perimetral y 30cm internamente, Lana mineral	60	45	1.70	GA WP8004

## **6. Comparativo del Sistema tradicional y el Sistema alterno**

### **6.1 Sistema estructural**

En este capítulo se presenta una comparación entre una estructura aporticada tradicional en concreto reforzado y un diseño alternativo con estructura en acero conformado en frío para una edificación de uso residencial de dos niveles ubicada en Bucaramanga.

El sistema estructural de la estructura tradicional consta de pórticos resistentes a momentos en concreto con capacidad de disipación de energía especial (DES) para resistencia a cargas laterales.

El sistema estructural de la estructura en acero formado en frío está conformado por sistemas de muros portantes para soportar cargas gravitacionales y se utilizó un sistema mixto conformado por riostras de acero y diafragmas estructurales como sistema de resistencia sísmica.

La planta estructural y secciones transversales del entrepiso de la estructura de concreto reforzado se observa en la Figura 95 y la de la estructura de acero liviano en la Figura 96.

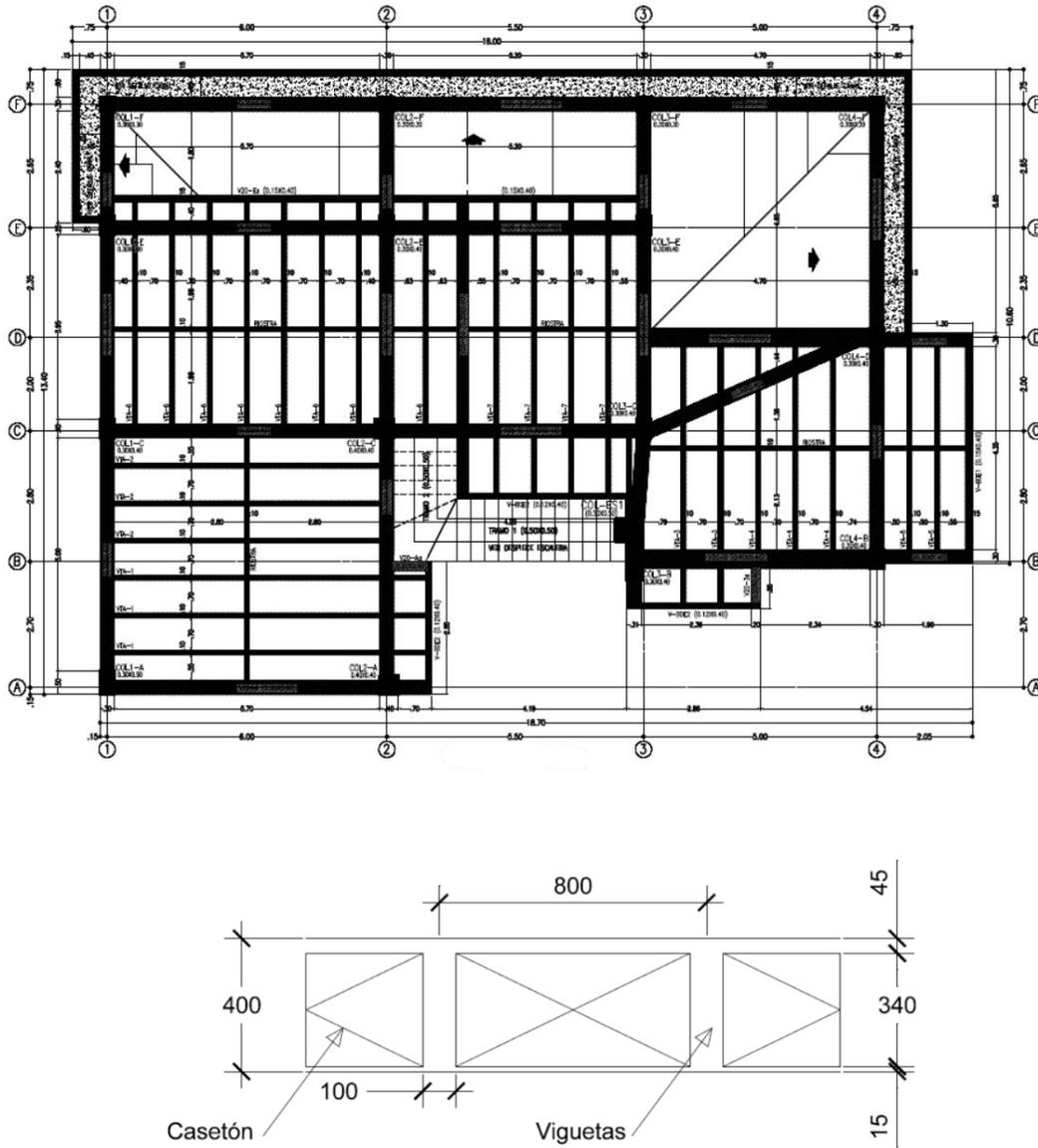


Figura 95. Planta de entrepiso estructura de concreto y sección de la losa

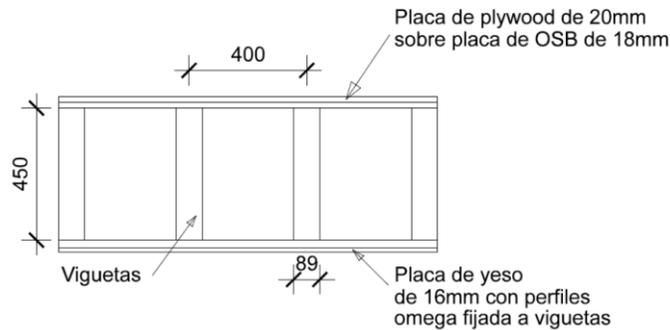
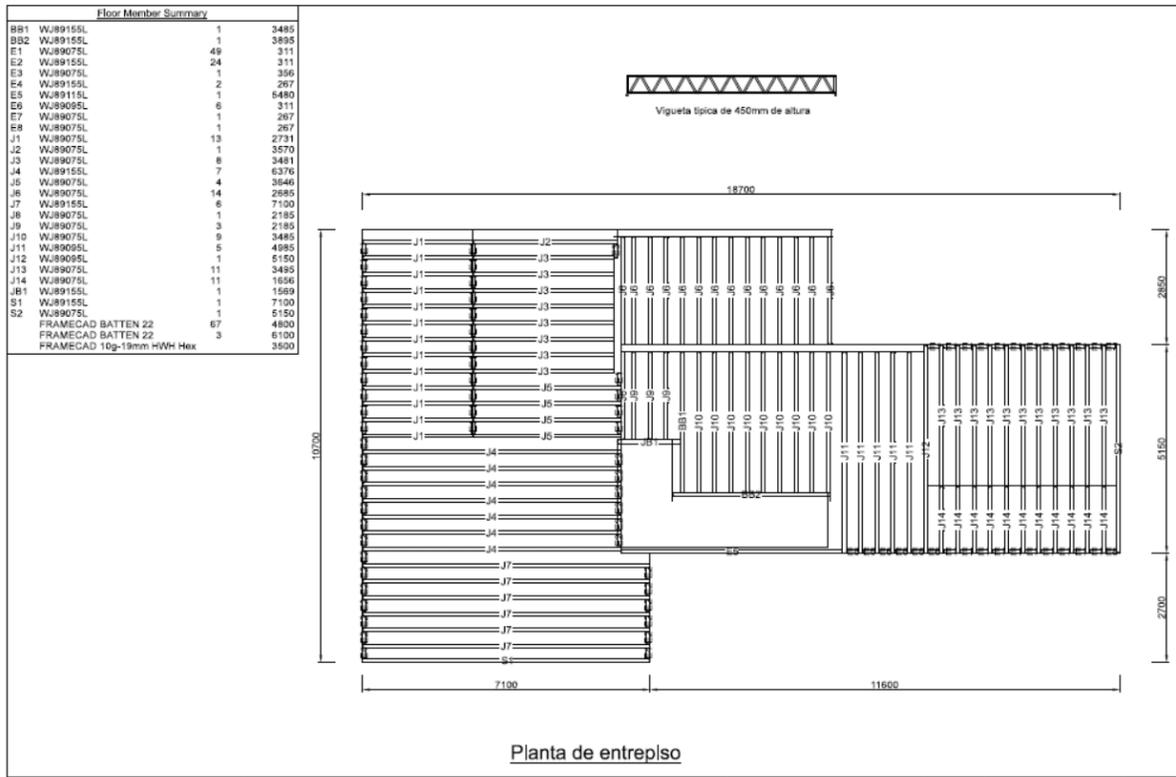


Figura 96. Planta de entrepiso estructura de acero liviano y sección transversal

## 6.2 Método de Análisis y de Diseño

Se analizó la estructura de concreto reforzado utilizando métodos matriciales con el programa ETABS como herramienta para hacer un análisis estático de la estructura de concreto. Para el

diseño de la estructura de acero se utilizó el programa Framacad Structure el cual ejecuta el diseño de componentes de muros, entresijos y cubierta que se integran en un modelo tridimensional para la verificación de la estabilidad global de la estructura. Los dos modelos se elaboraron con las cargas gravitacionales definidas en la Norma Sismo Resistente NSR-10 y el espectro de respuesta correspondiente a la ciudad de Bucaramanga definido en la norma.

Método utilizado: Análisis Fuerza Horizontal Equivalente.

El diseño de la estructura en concreto se rige por las exigencias de la norma NSR-10 título C y D, específicamente C-21 de estructuras con Capacidad de Disipación de Energía ESPECIAL (DES). El diseño de la estructura en acero se rige por las exigencias de la norma NSR-10 título F.4 y las normas AISI.

### 6.3 Especificaciones de materiales

Estructura de concreto:

Tabla 23.

*Materiales estructura de concreto*

$f'_c$ (MPa/psi)	Acero de Refuerzo $f_y$ (MPa/psi)
21/3000	420/60000

Tabla 24.

*Materiales estructura de acero*

Grado (Ksi)	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)	Galvanizado
50	350	420	Z275

## 6.4 Parámetros de Diseño

Evaluación de cargas de entrepiso estructura de concreto:

Tabla 25.

*Evaluación de cargas de entrepiso estructura de concreto*

<b>Elemento</b>	<b>Dimensión (mm)</b>
Espesor de la placa	400
Separación viguetas	800
Espesor viguetas	100
Espesor loseta	45
Recubrimiento inferior	15
Altura casetón	340
<b>Elemento</b>	<b>Peso (kN/m<sup>2</sup>)</b>
Loseta	1.08
Recubrimientos	0.33
Alma vigueta	1.02
Acabados	1.60
Casetón	0.12
Muros Divisorios	3.00
Carga Muerta	7.15
Carga Viva	2.00

Evaluación de cargas de cubierta estructura de concreto:

Tabla 26.

*Evaluación de cargas de cubierta estructura de concreto*

<b>Elemento</b>	<b>Peso (kN/m<sup>2</sup>)</b>
Cubierta	3.00

Evaluación de cargas de entrepiso estructura de acero:

Tabla 27.

*Evaluación de cargas de entrepiso estructura de acero*

	<b>Elemento</b>	<b>Peso (KN/m<sup>2</sup>)</b>
1	1 Tablero de madera multilaminado (plywood) de 20mm de espesor	0.12
	Superficie de mortero de 20mm de espesor	0.32
	Acabados	0.32
2	Barrera de vapor	0.01

3	1 Tablero estructural OSB de 18mm de espesor	0.12
4	Vigueta reticulada perfil de 89x41x1.15, altura mínima de 400mm y espaciamento máximo 600mm	0.18
5	Lana de roca	0.01
6	Perfiles omega de 0.48mm de espesor, espaciamento máximo 300mm	0.01
7	1 Tablero de placa de yeso de 16mm de espesor	0.13
	Carga Muerta	1.22
	Carga Viva	2.00

Evaluacion de cargas de cubierta estructura de acero (ver Figura 97):

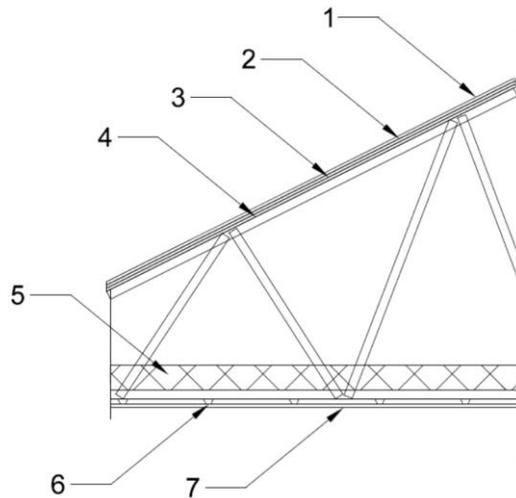


Figura 97. Sección transversal de la cubierta de la estructura de acero

Tabla 28.

*Evaluación de cargas de cubierta estructura de acero*

	Elemento	Peso (KN/m <sup>2</sup> )
1	Tablillas de asfalto (singles)	0.10
2	Tela asfáltica	0.20
3	1 Tablero de madera estructural OSB de 20mm de espesor	0.14
4	Cercha reticulada perfil de 89x41x0.95, pendiente 26 grados y espaciamento máximo 600mm	0.14
5	Lana de roca	0.01
6	Perfiles omega de 0.48mm de espesor, espaciamento máximo 300mm	0.01
7	1 Tablero de placa de yeso de 16mm de espesor	0.13
	Carga Muerta	0.75
	Carga Viva	0.50

Evaluacion de cargas de muros no portantes de acero:

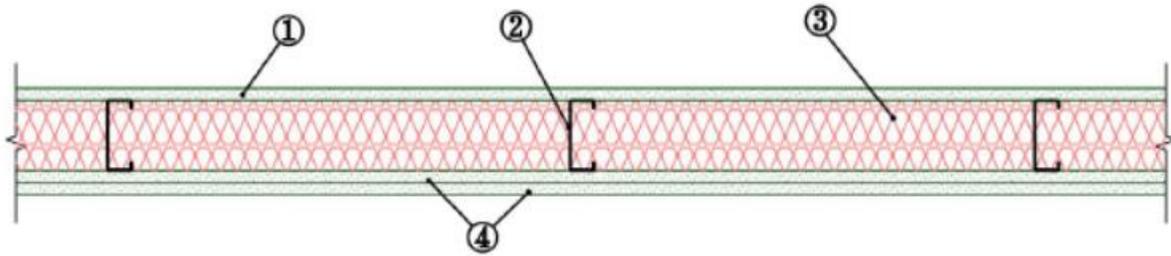


Figura 98. Sección transversal de muros no portantes de la estructura de acero

Tabla 29.

Evaluación de cargas de muros no portantes de acero

	Elemento	Peso (KN/m <sup>2</sup> )
1	1 Tablero de placa de yeso de 16mm de espesor, resistente al fuego	0.13
2	Muro con perfil de 89x41x0.95, espaciamiento parales máximo 400mm	0.10
3	Lana de roca	0.01
4	2 Tableros de placa de yeso de 16mm de espesor, resistente al fuego	0.26
	Carga Muerta	0.50

Evaluación de cargas de muros portantes de acero:

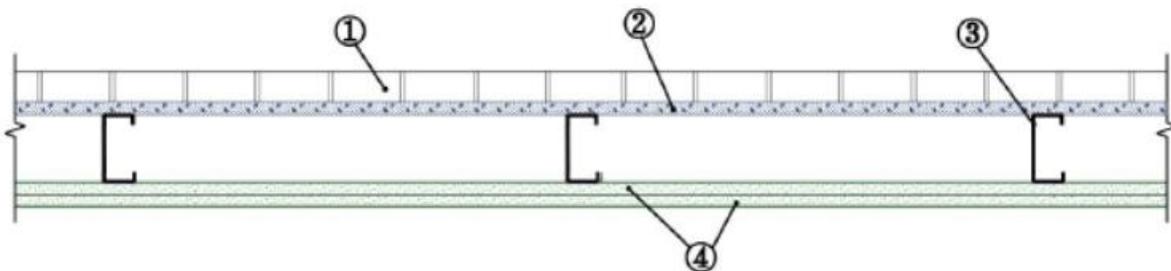


Figura 99. Sección transversal de muros exteriores portantes de la estructura de acero

Tabla 30.

Evaluación de cargas de muros exteriores portantes de acero

	Elemento	Peso(KN/m <sup>2</sup> )
1	Sistema de aislamiento térmica exterior y acabado final (EIFS)	0.09
2	1 Tablero de madera estructural OSB de 12mm de espesor o 1 Tablero de fibra cemento de	0.21

	13mm de espesor	
3	Muro con perfil de 89x41x0.95, espaciamento paralelos máximo 400mm	0.10
4	Lana de roca	0.01
5	2 Tableros de placa de yeso de 13mm de espesor	0.24
	Carga Muerta	0.70

## Método de Análisis Estático (FHE)

Tabla 31.

*Parámetros sísmicos*

Parámetros	Estructura de Concreto	Estructura de Acero
Sistema Estructural sismo resistente	Pórticos de Concreto DES	Riostras de acero y diafragmas estructurales de madera OSB
Zona de Amenaza sísmica		Alta
Masa (Kg)	252500	78900
Aa		0.25
Av		0.25
Perfil de suelo		D
Coficiente de Importancia I		1.0
Fa		1.3
Fv		1.9
T <sub>O</sub> (seg)		0.146
T <sub>C</sub> (seg)		0.702
T <sub>L</sub> (seg)		4.56
h <sub>n</sub>	8.13	7.85
C <sub>T</sub>	0.047	0.049
$\alpha$	0.9	0.75
T <sub>a</sub> (seg)	0.31	0.228
C <sub>U</sub>		1.20
T <sub>max</sub> (seg)		0.372
S <sub>a</sub>		0.813
Cortante basal V <sub>s</sub> (KN)	2051	641
R <sub>O</sub>	7.0	4.0
$\Phi_p$		0.9
$\Phi_a$		0.9
$\Phi_r$		1.0
R	5.67	3.24

Análisis de Fuerzas Sísmicas estructura de concreto:

Tabla 32.

*Análisis de Fuerzas Sísmicas estructura de concreto*

Nivel	$m_x$ (KN)	$h_x$ (m)	$m_x h_x^k$	$C_{vx}$ (%)	$F_x$ (KN)	$F_{TOT}$ ACUMULADA (kN)
Cubierta	933	8.13	7582	51	1046	1046
Primero	1592	4.58	7292	49	1006	2051
	2525		14874		2051	

Tabla 33.

*Derivas e índices de estabilidad estructura de concreto*

$P_i$ (KN)	$V_i$ (KN)	$h_{pi}$ (m)	$\Delta_{CMX}$ (m)	$\Delta_{CMY}$ (m)	$Q_{ix}$	$Q_{iy}$
1262	1046	3.55	0.072	0.075	0.02	0.03
3779	1006	4.58	0.041	0.028	0.03	0.02

## Análisis de Fuerzas Sísmicas estructura de acero:

Tabla 34.

*Análisis de Fuerzas Sísmicas estructura de acero*

Nivel	$m_x$ (KN)	$h_x$ (m)	$m_x h_x^k$	$C_{vx}$ (%)	$F_x$ (KN)	$F_{TOT}$ ACUMULADA (KN)
Cubierta	272	7.85	2132	54	344	344
Primero	518	3.55	1837	46	297	641
	789		3969		641	

Tabla 35.

*Derivas e índices de estabilidad estructura de acero*

$P_i$ (KN)	$V_i$ (KN)	$h_{pi}$ (m)	$\Delta_{CMX}$ (m)	$\Delta_{CMY}$ (m)	$Q_{ix}$	$Q_{iy}$
469	344	4.30	0.025	0.021	0.008	0.007
1205	297	3.55	0.035	0.034	0.04	0.039

Tabla 36.

*Rigideces estructura de acero en el eje X - cubierta*

Muro	Sistema de arriostramiento	Longitud (mm)	Rigidez (kN/m)
L210	Riostra	2760	2261
L210	OSB	1711	656
L205	Riostra	2659	2183
L205	Riostra	2926	2380

L205	OSB	1081	258
L205	OSB	593	62
L203	OSB	960	196
L201	OSB	1103	270
L201	OSB	500	41
N213	Riostra	3140	2272
N203	Riostra	2980	2176
N202	Riostra	1620	1020
		Rigidez	13775

Tabla 37.

*Rigideces estructura de acero en el eje Y - cubierta*

<b>Muro</b>	<b>Sistema de arriostramiento</b>	<b>Longitud (mm)</b>	<b>Rigidez (kN/m)</b>
<b>L202</b>	Riostra	2960	2402
<b>L202</b>	Riostra	2860	2334
<b>L204</b>	Riostra	2570	2110
<b>L211</b>	Riostra	2710	2223
<b>N214</b>	Riostra	1770	1165
<b>N214</b>	OSB	1054	243
<b>N204</b>	Riostra	2602	1906
<b>N208</b>	Riostra	2678	1966
<b>N210</b>	Riostra	2670	1960
		Rigidez	16309

Tabla 38.

*Rigideces estructura de acero en el eje X – Primer Piso*

<b>Muro</b>	<b>Sistema de arriostramiento</b>	<b>Longitud (mm)</b>	<b>Rigidez (kN/m)</b>
L104	OSB	1017	224
L121	Riostra	3000	2516
L121	OSB	857	150
L120	Riostra	1509	1101
L125	Riostra	2560	2102
L125	OSB	1241	353
L109	Riostra	2892	2356
L123	Riostra	2720	2230
L113	OSB	1495	537
L112	OSB	1546	579
L111	OSB	1795	695
L101	Riostra	2635	2249
		Rigidez	18092

Tabla 39.

*Rigideces estructura de acero en el eje Y – Primer Piso*

Muro	Sistema de arriostramiento	Longitud (mm)	Rigidez (kN/m)
L103	Riostra	2659	2268
L103	OSB	600	64
L103	OSB	870	156
L102	Riostra	1684	1300
L110	Riostra	3091	2486
L110	Riostra	1670	1226
L107	Riostra	2711	2224
L105	Riostra	2570	2196
L122	OSB	1428	485
L124	OSB	1481	526
L117	Riostra	3000	2516
L119	Riostra	2620	2236
Rigidez			18683

Tabla 40.

*Periodo Eje X*

F <sub>i</sub> (KN)	K (KN/m)	Δ <sub>CMX</sub> (mm)	ΣΔ <sub>CMX</sub> (mm)	Δ <sub>MAX</sub> (mm)	m <sub>i</sub> (KN-s <sup>2</sup> /cm)	F <sub>i</sub> Δ <sub>CMX</sub>	m <sub>i</sub> Δ <sub>CMX</sub> <sup>2</sup>
344	13775	25	60	43	0.277	20810	10.11
641	18092	35	35	35	0.518	22720	6.63
Sumatoria						43530	16.74

$$T_x = 2 \times 3.1416 \times (16.74/43530)^{0.5} = 0.12 \text{ seg}$$

Tabla 41.

*Periodo Eje Y*

F <sub>i</sub> (KN)	K (KN/m)	Δ <sub>CMY</sub> (mm)	ΣΔ <sub>CMY</sub> (mm)	Δ <sub>MAX</sub>	m <sub>i</sub> (KN-s <sup>2</sup> /cm)	F <sub>i</sub> Δ <sub>CMY</sub>	m <sub>i</sub> Δ <sub>CMY</sub> <sup>2</sup>
344	16309	21	55	43	0.277	19087	8.50
641	18683	34	34	35	0.518	22001	6.21
Sumatoria						41088	14.72

$$T_y = 2 \times 3.1416 \times (14.72/41088)^{0.5} = 0.12 \text{ seg}$$

## 6.5 Descripción de la Estructura de acero

La estructura de acero en lámina delgada se ha conformado de acuerdo a las siguientes consideraciones:

Se trazaron las paredes de acuerdo a las dimensiones suministradas en los planos en Autocad respetando el paramento externo para las paredes exteriores y las interiores a lo largo del eje. Todas las paredes tienen una altura de 3.1m y se ha dejado como altura de dintel 0.30m como mínimo.

La cubierta principal es de varias aguas y se ha propuesto un conjunto de cerchas de diferentes configuraciones con los cordones superiores inclinados de acuerdo a la pendiente especificada en los planos arquitectónicos. Las cerchas se apoyan únicamente en los muros perimetrales del segundo nivel sin apoyos intermedios. Se han diseñado dos cerchas cargueras designadas como TI4 y GI1 que sirven de apoyo para otras cerchas.

La cubierta secundaria es a tres aguas y se han propuesto cerchas de una sola pendiente y cerchas de cordones inclinados y horizontales. Estas cerchas se apoyan en los muros perimetrales del primer nivel y en el apoyo interno transfieren las cargas a vigas de acero de ala ancha que apoyan los muros estructurales que vienen del segundo nivel pero que no tienen continuidad en el primer nivel. Todas las cerchas se han diseñado con espesor de 0.95mm en acero grado G350.

Las viguetas para conformar el entrepiso se diseñaron con entramados reticulados de cordones paralelos y diagonales de 0.45m de profundidad con un perfil C de 89mm en espesores de 0.75mm, 0.95mm, 1.15 y 1.55mm de espesor en acero grado G350. Las vigas cargueras reticuladas se han proyectado en espesor de 1.55mm. Debido a la configuración arquitectónica se

han propuesto vigas de acero con perfiles tipo W para transmitir cargas gravitacionales. Estas vigas se han designado como miembros del B101 al B105.

Los muros perimetrales del primer piso se han propuesto con perfil de 89mm y espesor 1.15mm grado G350. Los muros internos en su mayoría son portantes se han proyectado con espesores de 0.95mm G350 y algunos muros portantes y no estructurales se han proyectado con espesor de 0.75mm G350. Los muros perimetrales del segundo nivel se han propuesto en espesores de 0.95mm y los muros internos en 0.75mm todos en grado G350. Los dinteles estructurales se resuelven como entramados reticulados y algunos de ellos requieren un refuerzo en L.

El sistema resistente a cargas laterales se ha propuesto con un sistema mixto incluyendo riostras de acero diagonales y tableros de revestimiento estructural tipo OSB que cumplan con las especificaciones de la norma AISI. Debido a la falta de continuidad de muros del segundo nivel hacia el primer nivel algunos de los muros de corte se apoyan en vigas de acero.

## 6.6 Normas de Diseño

Código de Construcción:	IBC 2018 LRFD/NSR-10
Código de Acero Conformado en Frío:	AISI S100-2007/AISI S213-07/NSR-10
Suposiciones de Diseño:	
Longitud sin arriostrar cordón superior	@ 0.45m cerchas y @0.30m viguetas
Longitud sin arriostrar cordón inferior	@ 0.60m cerchas y viguetas

Pendiente de cubierta: 26.5 grados

Velocidad Básica de Viento: 35 m/s

#### Resumen de materiales para Paredes:

Altura de Pared: 3.1m

Vanos estructurales: De acuerdo a los planos arquitectónicos.

Perfiles: 89S41-075-G350, 89S41-095-G350, 89S41-115-G350  
89S41-155-G350

Modulación: Parales espaciados a 0.40m y 0.60m

Espesores de diseño: 0.75mm, 0.95mm, 1.15mm y 1.55mm

Grado: 350 MPa

Tornillos: calibre 10

Muros de Corte: Paneles estructurales o riostras de acero (AISI)

#### Resumen de materiales para cubierta:

Cerchas: Reticuladas ensambladas en su plano

Alero: 0.60m

Espaciamiento Típico: 0.60m

Perfiles cerchas: 89S41-095-G350

Perfiles cerchas cargueras: 89S41-095-G350 y 89S41-115-G350

Espesores de diseño: 0.75mm, 1.15mm y 1.55mm BMT

Grado: 350 MPa

Tornillos: calibre 10

Resumen de materiales para entrepiso:

Viguetas:	Entramados reticulados ensamblados en su plano
Profundidad entrepiso:	0.45m
Espaciamiento Típico:	0.40m
Perfiles viguetas:	89S41-075-G350, 89S41-095-G350, 89S41-115-G350 89S41-155-G350
Perfiles vigas cargueras:	89S41-155-G350
Vigas cargueras:	89S41-115-G350 - 0.30m de altura
Espesores de diseño:	0.75mm, 1.15mm y 1.55mm BMT
Grado:	350 MPa
Tornillos:	calibre 10

### **6.7 Diseño de cerchas**

Se escoge la cercha N3 de la cubierta principal.

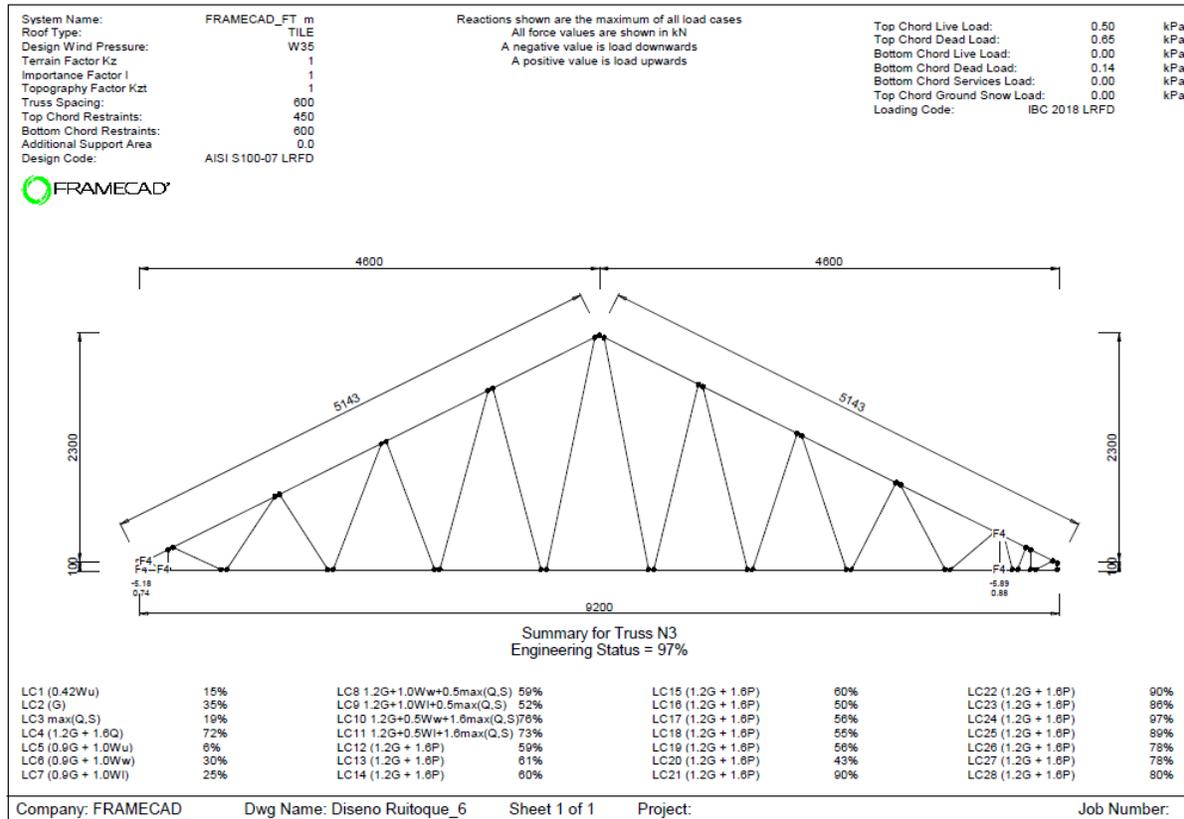


Figura 100. Índices de seguridad estructural

El modelo estructural de la cercha es un modelo bidimensional. El resumen de la configuración de los miembros, cargas de diseño, longitudes no arriostradas, normas de diseño y resultados expresados como índices de seguridad estructural para las combinaciones de carga escogidas se muestran en la Figura 100.

La combinación de carga L24 es la que produce el estado de esfuerzos más crítico. Esta combinación se produce por una carga permanente uniformemente distribuida más una carga viva concentrada en el centro del segmento del cordón superior a la izquierda de la línea cumbre. Ver Figura 101.

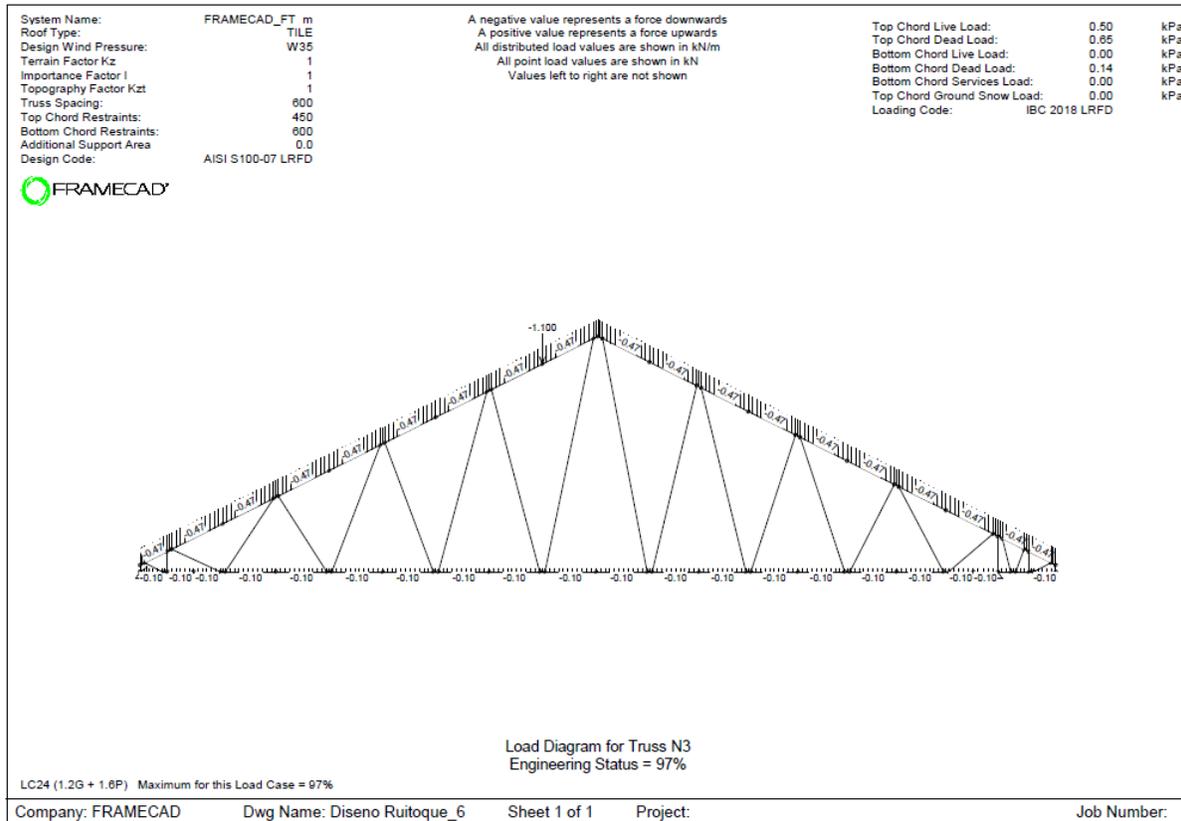


Figura 101. Combinación de carga crítica L24 (FRAMECAD)

En el diagrama de los miembros se observa que el segmento 46 es el que presenta el estado de esfuerzos más crítico. Este miembro es el que apoya directamente a la carga concentrada. Ver Figura 102.

En la Figura 103 se aprecian gráficamente los momentos de flexión en los extremos del miembro 46.

En la Figura 104 se observa la fuerza axial actuando en el miembro 46. El signo negativo indica que esta fuerza es de compresión.

En la Figura 105 se aprecian en la primera columna el número del miembro, bajo la segunda columna la designación del perfil 89S41-095-350, con un alma de 89mm, alas de 41mm, pestañas de 11.5mm, espesor de diseño de 0.95mm,  $f_y$  de 350 MPa y  $F_u$  de 420 MPa.

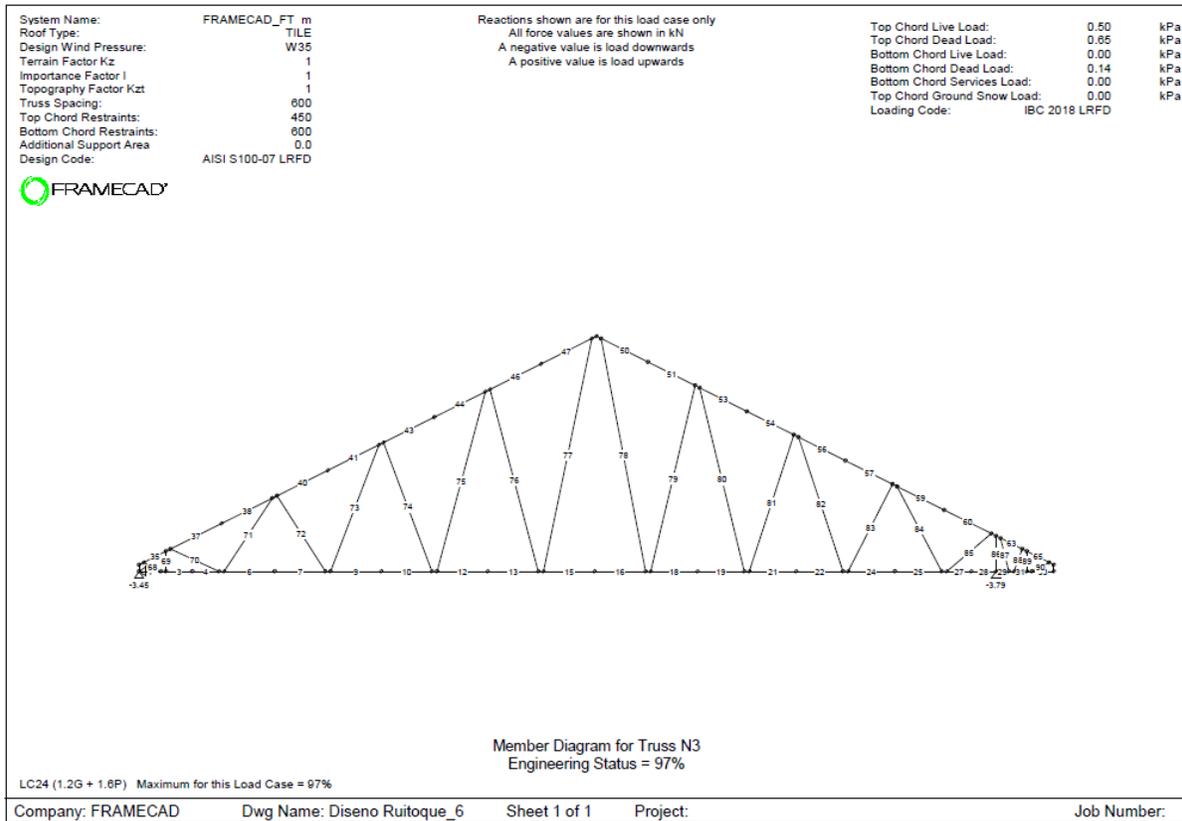


Figura 102. Diagrama de miembros

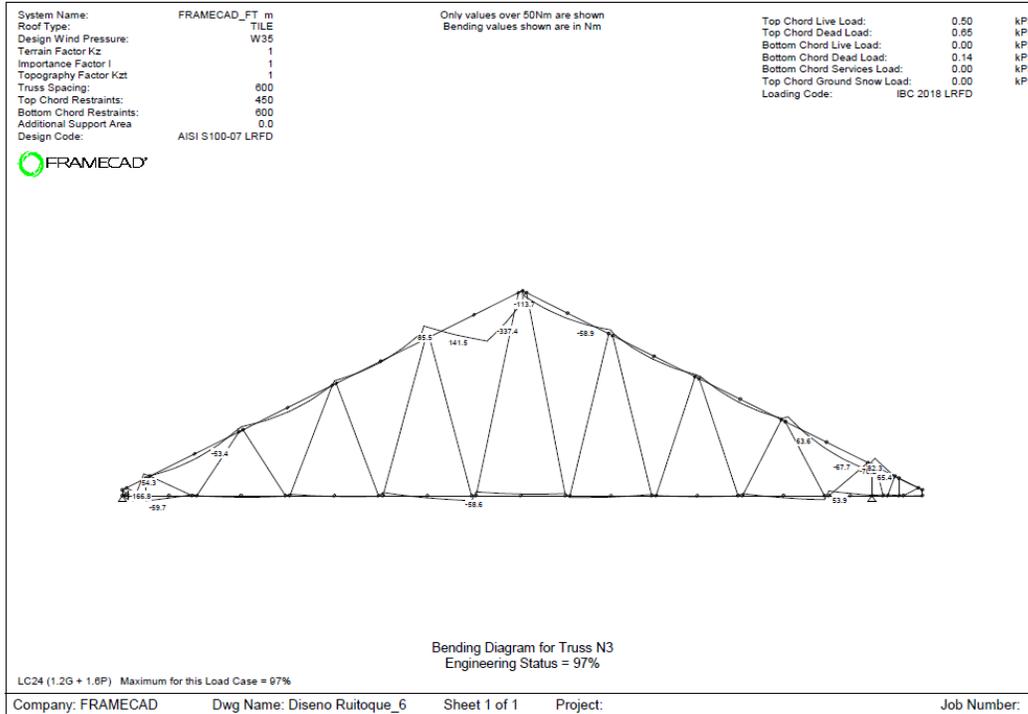


Figura 103. Momentos de flexión internos

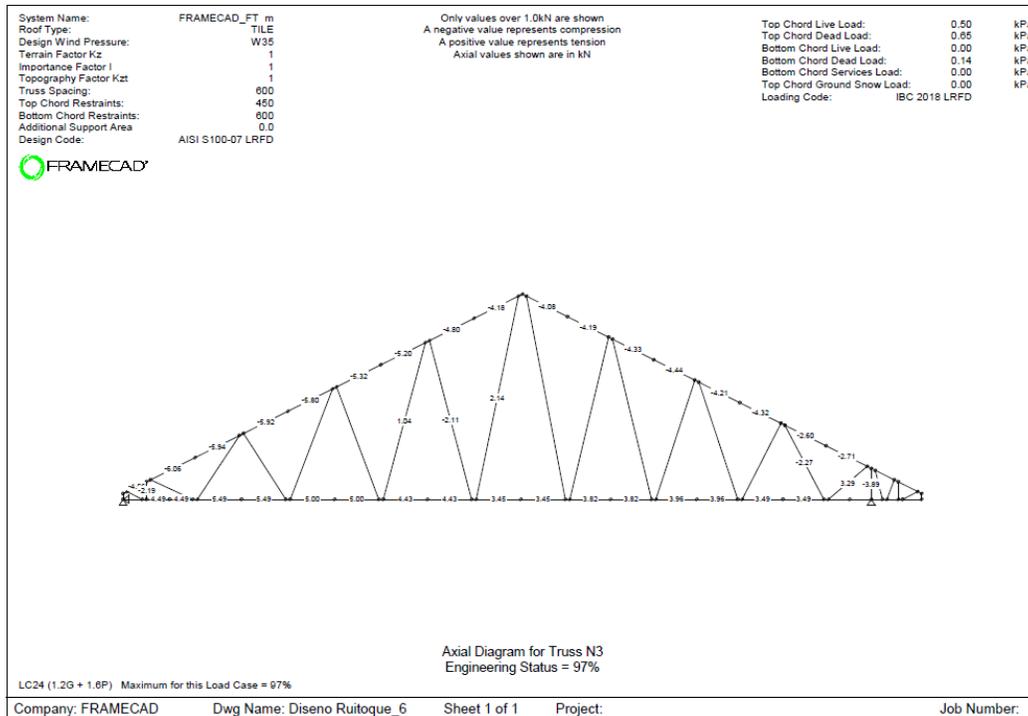


Figura 104. Fuerzas axiales internas

		<b>Engineering for Truss N3</b>	
<hr/>			
<b>Company:</b> FRAMECAD		<b>Dwg Name:</b> Diseño Ruitoque_6	
<b>Project:</b>		<b>Tab Name:</b> Truss.1	<b>Diseno Ruitoque_6</b>
<b>Job Number:</b>		<b>Detailer:</b> Alexander Beltran	<b>Truss.1</b>
		<b>Print Date:</b> 23-09-2019	<b>Alexander Beltran</b>
		<b>Page No:</b> 2	

Member Shape LC24 (1.2G + 1.6P)									
ID	Name	Profile	Height (mm)	Width (mm)	Lip (mm)	Radius (mm)	Thickness (mm)	Yield (MPa)	Tensile (MPa)
29	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
30	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
31	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
32	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
33	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
34	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
35	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
36	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
37	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
38	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
39	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
40	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
41	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
42	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
43	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
44	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
45	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
46	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
47	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
48	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
49	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
50	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
51	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
52	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
53	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
54	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
55	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)

Figura 105. Dimensiones del perfil y grado del acero

En la figura 106 se aprecian en la primera columna el número del miembro y en las siguientes columnas las propiedades geométricas del perfil cuando se encuentra orientado con el alma paralela al eje de flexión principal y el lado abierto del perfil orientado hacia abajo.

<span style="font-weight: bold; font-size: 1.2em;">Engineering for Truss N3</span>	
Company: FRAMECAD	
Project:	Dwg Name: Diseno Ruitoque_6 Tab Name: Truss.1 Detailer: Alexander Beltran Print Date: 23-09-2019
Job Number:	Page No: 2

Member Properties LC24 (1.2G + 1.6P)																
ID	Width (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )	Weight (kg/m)	xc (mm)	yc (mm)	lx (mm4)	ly (mm4)	rx (mm)	ry (mm)	xo (mm)	yo (mm)	ro1 (mm)	J (mm4) (10E6mm <sup>6</sup> )	Iw	Zx (mm <sup>3</sup> )	Zy (mm <sup>3</sup> )
29	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
30	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
31	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
32	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
33	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
34	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
35	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
36	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
37	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
38	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
39	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
40	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
41	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
42	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
43	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
44	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
45	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
46	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
47	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
48	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
49	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
50	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
51	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
52	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
53	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
54	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
55	188.0	178.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)

Figura 106. Propiedades geométricas de la sección

En la figura 107 se observan los resultados del análisis estructural de la cercha y que conforman las resistencias requeridas.

 <b>FRAMECAD</b>		Engineering for Truss N3					
Company: FRAMECAD		Project:		Dwg Name: Diseno Ruitoque_6		Truss.1	
Job Number:		Page No: 2		Detailer: Alexander Beltran		23-09-2019	
Print Date:		Print Date:		Print Date:		Print Date:	

Member Forces LC24 (1.2G + 1.6P)								
ID	Axial (kN)	Moment A (N.m)	Moment B (N.m)	Moment C (N.m)	Shear A (kN)	Shear C (kN)	Disp A (mm)	Disp C (mm)
29	-0.07	4.7	8.8	9.4	-0.03	-0.04	0.00	0.11
30	-0.07	9.4	10.8	12.2	-0.05	-0.06	0.11	0.14
31	-0.13	12.2	8.4	1.1	0.09	0.08	0.14	0.15
32	-0.13	1.1	-0.8	-2.6	0.08	0.07	0.15	0.15
33	0.00	-2.0	-2.0	0.0	0.00	-0.02	0.15	0.18
34	-1.63	0.0	-83.6	-106.8	3.27	3.24	0.01	0.33
35	-4.56	-106.8	-59.7	54.3	-0.83	-0.94	0.33	0.83
36	-5.51	54.3	28.4	2.8	1.02	0.99	0.83	0.97
37	-6.06	2.8	-43.0	-53.4	0.22	-0.03	0.97	2.36
38	-5.94	-53.4	-28.5	31.9	-0.03	-0.27	2.36	2.29
39	-6.05	31.9	36.6	41.7	-0.18	-0.20	2.29	2.32
40	-5.92	41.7	-20.7	-47.7	0.28	0.03	2.32	3.27
41	-5.80	-47.7	-39.4	4.4	0.03	-0.22	3.27	2.95
42	-5.30	4.4	20.6	37.2	-0.63	-0.65	2.95	2.90
43	-5.32	37.2	-3.8	-9.3	0.21	-0.04	2.90	2.97
44	-5.20	-9.3	20.4	85.5	-0.04	-0.29	2.97	3.12
45	-4.45	85.5	113.4	141.5	-1.08	-1.10	3.12	3.35
46	-4.80	141.5	-115.7	-337.4	0.96	0.72	3.35	7.3
47	-4.18	-337.4	-243.3	-113.7	-0.27	-0.52	7.3	3.08
48	-2.81	-113.7	-57.0	0.0	-2.21	-2.23	3.08	2.28
49	-3.47	0.0	-23.0	-45.8	0.90	0.68	2.28	2.48
50	-4.08	-45.8	-67.4	-58.9	0.14	-0.09	2.48	3.17
51	-4.19	-58.9	-20.2	48.7	-0.09	-0.32	3.17	2.40
52	-4.07	48.7	35.6	22.8	0.52	0.49	2.40	2.39
53	-4.33	22.8	-21.7	-36.1	0.23	-0.00	2.39	2.59
54	-4.44	-36.1	-20.3	25.8	-0.00	-0.23	2.59	2.01
55	-4.49	25.8	27.4	29.3	-0.06	-0.08	2.01	1.99

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)

Figura 107. Resistencias requeridas (FRAMECAD)

En la Figura 108 se observan las resistencias de diseño por cortante, tensión, flexión y compresión del cordón.

<span style="font-weight: bold; font-size: 1.2em;">Engineering for Truss N3</span>	
Company: FRAMECAD	
Project:	Dwg Name: Diseno Ruitoque_6
	Tab Name: Truss.1
	Detailer: Alexander Beltran
	Print Date: 23-09-2019
Job Number:	Page No: 2

Member Capacities LC24 (1.2G + 1.6P)												
ID	Shear $\Phi V/n$ (kN)	Tension $\Phi T/n$ (kN)	Comp Section $\Phi cPn$ (kN)	Comp Member $\Phi cPn$ (kN)	Bend Dn (Sec) $\Phi bMnx$ (N.m)	Bend Dn (Mem) $\Phi bMnx$ (N.m)	Bend Up (Sec) $\Phi bMnx$ (N.m)	Bend Up (Mem) $\Phi bMnx$ (N.m)	Eff Area Ae (mm <sup>2</sup> )	Sec Mod Up Se (mm <sup>2</sup> )	Sec Mod Dn Se (mm <sup>2</sup> )	
28	13.30	51.85	20.30	30.53	455	431	500	474	116.00	1368	1504	
29	13.30	51.85	20.30	32.52	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
30	13.30	51.85	20.30	32.81	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
31	13.30	51.85	20.30	32.52	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
32	13.30	51.85	20.30	32.61	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
33	13.30	51.85	20.30	32.31	455	431	500	474	113.00	1368	1504	
34	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
35	13.30	51.85	20.30	32.22	455	431	500	474	113.00	1368	1504	
36	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
37	13.30	51.85	20.30	25.39	455	431	500	474	130.00	1368	1504	
38	13.30	51.85	20.30	25.39	455	431	500	474	130.00	1368	1504	
39	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
40	13.30	51.85	20.30	25.39	455	431	500	474	130.00	1368	1504	
41	13.30	51.85	20.30	25.39	455	431	500	474	130.00	1368	1504	
42	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
43	13.30	51.85	20.30	25.39	455	431	500	474	130.00	1368	1504	
44	13.30	51.85	20.30	25.39	455	431	500	474	130.00	1368	1504	
45	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
46	13.30	51.85	20.30	25.39	455	431	500	474	130.00	1368	1504	
47	13.30	51.85	20.30	25.39	455	431	500	474	130.00	1368	1504	
48	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
49	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
50	13.30	51.85	20.30	26.12	455	431	500	474	126.00	1368	1504	
51	13.30	51.85	20.30	26.12	455	431	500	474	126.00	1368	1504	
52	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
53	13.30	51.85	20.30	26.12	455	431	500	474	126.00	1368	1504	

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)

Figura 108. Resistencias de diseño

En los resultados de la Figura 109 se observa que el estado de esfuerzos críticos de la cercha está determinado por acción combinada de flexión y compresión en el miembro 46.

FRAMECAD <sup>®</sup>		Engineering for Truss N3								
Company: FRAMECAD		Project:			Dwg Name: Truss.1			Diseno Ruitoque_6		
Job Number:		Detailer: Alexander Beltran			Print Date: 23-09-2019			Page No: 2		
Code Status LC24 (1.2G + 1.6P)										
ID	Shear $\Phi V/n$ (%)	Tension $\Phi T/n$ (%)	Comp Sec $\Phi cPn0$ (%)	Comp Mem $\Phi cPn$ (%)	Bend Sec $\Phi bMnx0$ (%)	Bend Mem $\Phi bMnx$ (%)	Shear + Bend $\Phi vVn + \Phi bMnx0$ (%)	Tens + Bend $\Phi tTn + \Phi bMnx0$ (%)	Comp+Bend Mem $\Phi cPn + \Phi bMnx$ (%)	Deflection $\Delta$ (%)
28	0.8	0.0	0.3	0.2	7.1	6.0	7.1	7.1	6.2	0.0
29	0.3	0.0	0.3	0.2	2.6	2.2	2.1	2.1	2.3	0.0
30	0.4	0.0	0.3	0.2	3.0	2.6	2.4	2.4	2.6	0.0
31	0.7	0.0	0.6	0.4	3.4	2.8	2.8	2.7	3.1	0.0
32	0.6	0.0	0.6	0.4	0.7	0.6	0.6	0.2	0.6	0.0
33	0.2	0.0	0.0	0.0	1.1	0.6	0.7	0.7	0.6	0.0
34	24.6	0.0	8.0	5.0	36.7	36.7	30.7	18.4	23.3	0.0
35	7.1	0.0	22.5	14.2	45.9	38.7	37.4	36.7	50.8	0.0
36	7.6	0.0	27.1	16.8	13.6	11.5	9.5	5.7	22.5	0.0
37	1.7	0.0	29.8	23.9	14.7	12.4	14.7	14.7	36.3	0.0
38	2.1	0.0	29.2	23.4	14.7	12.4	14.8	14.7	35.8	0.0
39	1.5	0.0	29.8	18.4	10.4	8.8	7.5	7.3	25.8	0.0
40	2.1	0.0	29.2	23.3	17.6	11.1	13.3	13.1	34.4	0.0
41	1.6	0.0	28.6	22.9	13.2	11.1	13.3	13.2	34.0	0.0
42	4.9	0.0	28.1	16.2	9.3	7.9	6.4	4.1	23.3	0.0
43	1.5	0.0	28.2	20.9	15.7	7.9	9.4	9.3	28.8	0.0
44	2.2	0.0	25.6	20.5	36.2	18.1	21.5	21.4	38.5	0.0
45	8.3	0.0	21.9	13.6	35.4	29.9	24.1	22.7	36.2	0.0
46	7.2	0.0	23.6	18.9	62.8	78.3	63.0	62.8	97.2	0.0
47	3.9	0.0	20.9	16.5	92.9	78.3	92.9	92.8	94.8	0.0
48	16.8	0.0	13.8	8.6	25.0	26.4	20.9	12.5	21.1	0.0
49	6.8	0.0	17.1	10.6	10.1	10.6	8.5	5.1	15.6	0.0
50	1.0	0.0	20.1	15.6	18.5	15.7	18.6	18.5	31.3	0.0
51	2.4	0.0	20.6	16.0	20.6	13.7	16.4	16.2	29.7	0.0
52	3.9	0.0	20.0	12.4	12.2	10.3	8.1	7.1	19.5	0.0
53	1.7	0.0	21.4	16.6	9.9	8.4	10.1	9.9	25.0	0.0
FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)										

Figura 109. Condición crítica bajo esfuerzos combinados

En el Apéndice A se presenta una verificación manual de las resistencias de diseño.

### 6.8 Diseño de Viguetas

Se escoge la vigueta J7 de la planta de entrepisos. El modelo estructural de la vigueta es un modelo bidimensional. El resumen de la configuración de los miembros, cargas de diseño, longitudes no arriostradas, normas de diseño y resultados expresados como índices de seguridad estructural para las combinaciones de carga escogidas se muestran en la Figura 110.

La combinación de carga LC2 es la que produce el estado de esfuerzos más crítico y representa un estado de servicio. Esta combinación se produce por una carga muerta más carga

viva uniformemente distribuida. Ver Figura 111. En el diagrama de los miembros se observa que el segmento 43 y 44 es el que presenta la condición más crítica por deflexión. Ver Figura 112.

En la Figura 113 se aprecian gráficamente las deflexiones obtenidas en el miembro que está produciendo el índice de seguridad estructural más desfavorable por deflexión en el centro de la luz.

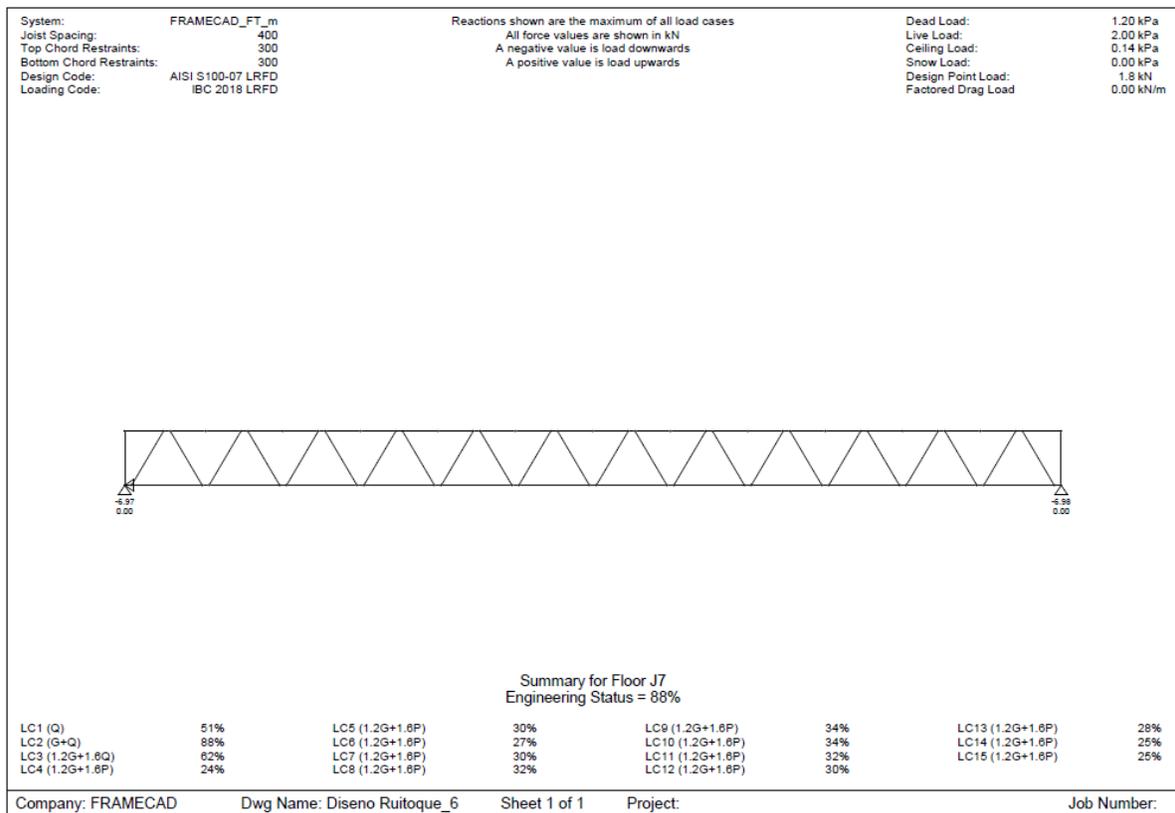


Figura 110. Índices de seguridad estructural

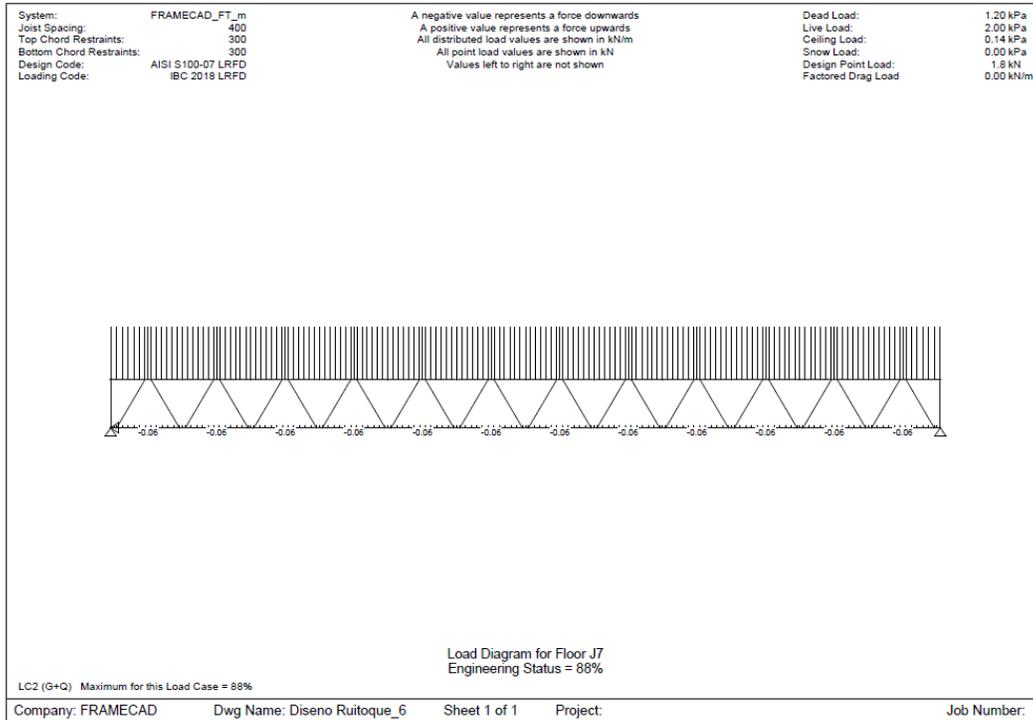


Figura 111. Combinación de carga critica LC2

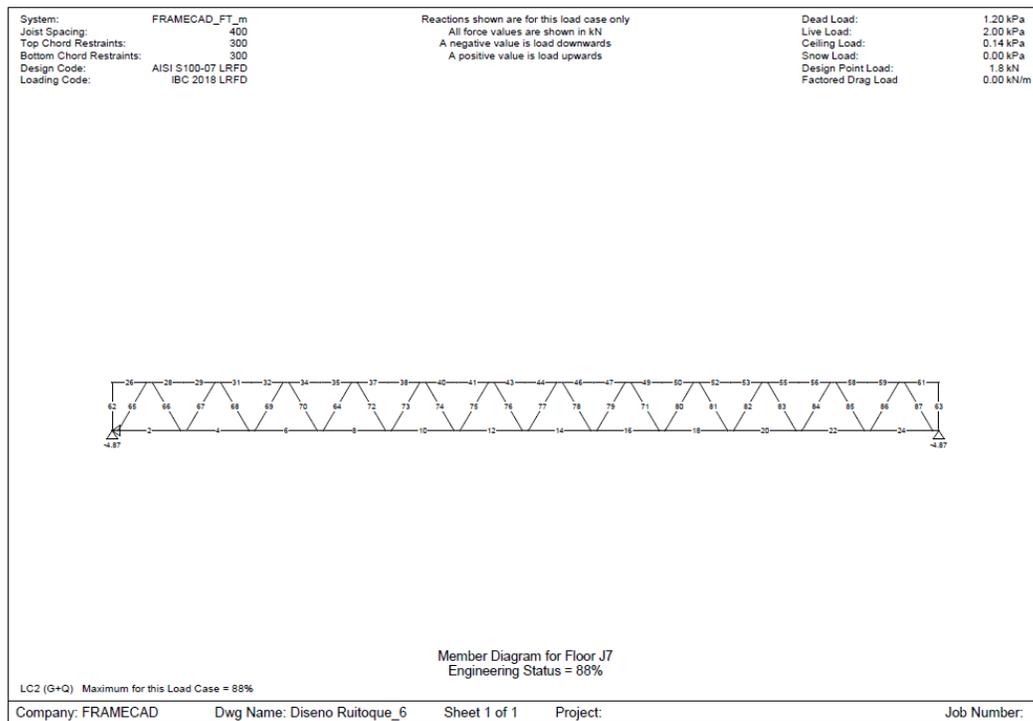


Figura 112. Diagrama de miembros

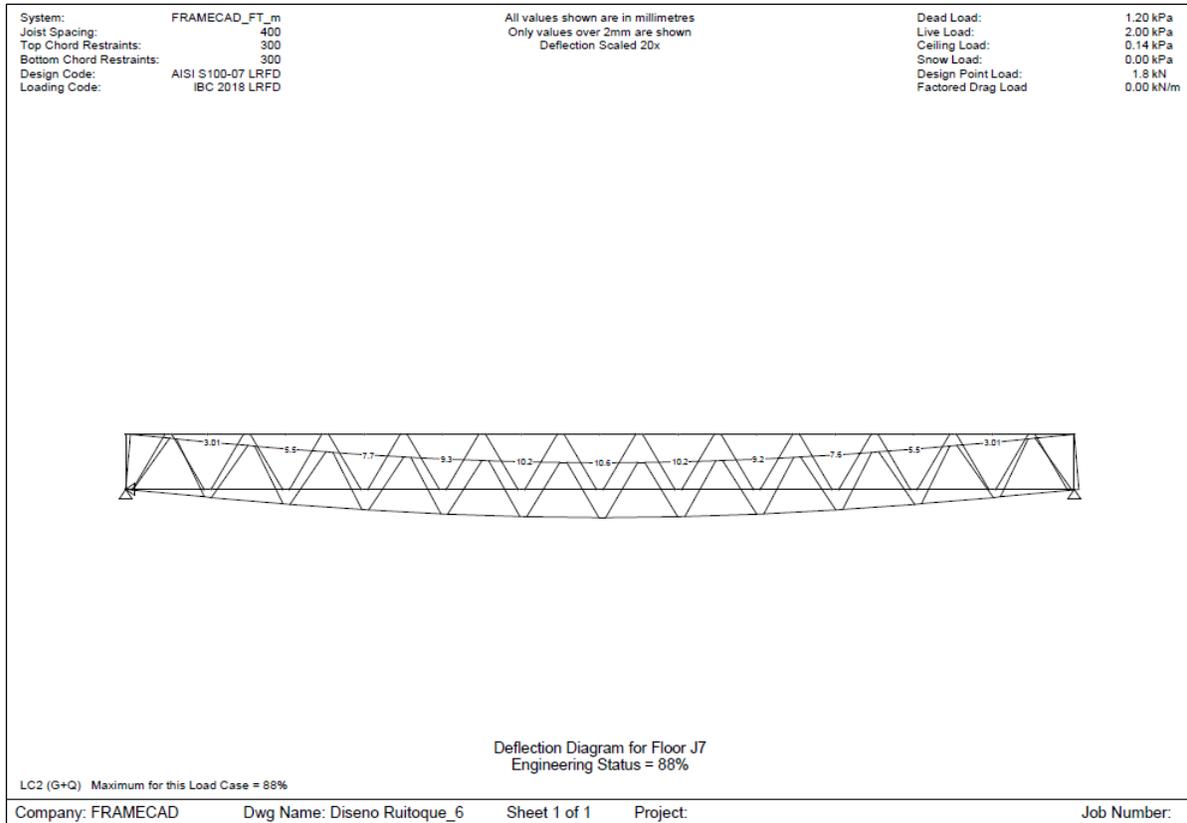


Figura 113. Deflexión más desfavorable

En la Figura 114 se aprecian en la primera columna el número del miembro, bajo la segunda columna la designación del perfil 89S41-155-350, con un alma de 89mm, alas de 41mm, pestañas de 11.5mm, espesor de diseño de 1.55mm,  $f_y$  de 350 MPa y  $F_u$  de 420 MPa.

 <b>FRAMECAD</b>	Engineering for Floor		
Company: FRAMECAD		Dwg Name: Diseno Ruitoque_6	Tab Name: Floor.1
Project:		Detailer: Alexander Beltran	Print Date: 23-09-2019
Job Number:		Page No: 2	

Member Shape Report for LC2 (G+Q)									
ID	Name	Profile	Height (mm)	Width (mm)	Lip (mm)	Radius (mm)	Thickness (mm)	Yield (MPa)	Tensile (MPa)
29	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
30	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
31	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
32	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
33	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
34	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
35	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
36	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
37	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
38	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
39	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
40	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
41	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
42	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
43	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
44	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
45	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
46	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
47	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
48	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
49	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
50	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
51	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
52	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
53	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
54	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420
55	89S41-155-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	1.55	350	420

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)

Figura 114. Dimensiones del perfil y grado del acero

En la Figura 115 se aprecian en la primera columna el número del miembro y en las siguientes columnas las propiedades geométricas del perfil cuando esta con el alma paralela al eje de flexión principal y el lado abierto del perfil orientado hacia abajo.

 <b>FRAMECAD</b> Engineering for Floor		
Company: FRAMECAD Project: _____ Job Number: _____	Dwg Name: _____ Tab Name: _____ Detailer: _____ Print Date: _____ Page No: 2	Diseno Ruitoque_6 Floor.1 Alexander Beltran 23-09-2019

Member Sectional Properties Report for LC2 (G+Q)																	
ID	Width (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )	Weight (kg/m)	x <sub>c</sub> (mm)	y <sub>c</sub> (mm)	I <sub>x</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>y</sub> (mm <sup>4</sup> )	r <sub>x</sub> (mm)	r <sub>y</sub> (mm)	x <sub>o</sub> (mm)	y <sub>o</sub> (mm)	r <sub>o1</sub> (mm)	J (mm <sup>4</sup> ) (10E6mm <sup>8</sup> )	I <sub>w</sub>	Z <sub>x</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )	
29	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
30	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
31	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
32	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
33	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
34	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
35	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
36	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
37	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
38	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
39	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
40	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
41	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
42	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
43	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
44	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
45	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
46	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
47	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
48	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
49	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
50	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
51	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
52	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
53	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
54	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	
55	183.0	283.71	2.227	43.7	12.6	64181	355057	15.0	35.4	0.00	31.9	50.2	227	111.21	2324	7979	

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)

Figura 115. Propiedades geométricas de la sección

En la Figura 116 se observan los resultados del análisis estructural de la vigueta y que conforman las resistencias requeridas.

<b>FRAMECAD</b>		Engineering for Floor	
Company: FRAMECAD			
Project:		Dwg Name:	Diseno Ruitoque_6
		Tab Name:	Floor.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	23-09-2019
Job Number:		Page No:	2

Member Loads Report for LC2 (G+Q)								
ID	Axial (kN)	Moment A (N.m)	Moment B (N.m)	Moment C (N.m)	Shear A (kN)	Shear C (kN)	Disp A (mm)	Disp C (mm)
29	-8.52	-46.7	23.2	116.2	-0.44	-0.78	3.01	4.10
30	-9.36	116.2	13.3	-88.7	4.03	3.96	4.10	4.38
31	-11.69	-88.7	-78.8	-45.8	0.01	-0.33	4.38	5.5
32	-11.69	-45.8	10.4	89.6	-0.33	-0.68	5.5	6.5
33	-13.95	89.6	9.6	-69.5	3.14	3.07	6.5	6.7
34	-15.70	-69.5	-70.8	-48.8	0.09	-0.25	6.7	7.7
35	-15.70	-48.8	-3.5	94.7	-0.25	-0.60	7.7	8.4
36	-17.39	94.7	7.5	-48.8	2.25	2.18	8.4	8.6
37	-18.57	-48.8	-61.1	-60.3	0.18	-0.17	8.6	9.3
38	-18.57	-60.3	-16.5	40.5	-0.17	-0.51	9.3	9.7
39	-19.68	40.5	6.1	-27.4	1.30	1.29	9.7	9.8
40	-20.29	-27.4	-50.9	-51.4	0.28	-0.08	9.8	10.2
41	-20.29	-51.4	-28.7	17.0	-0.08	-0.43	10.2	10.4
42	-20.82	17.0	5.4	-5.3	0.47	0.40	10.4	10.5
43	-20.82	-5.3	-40.1	-51.7	0.35	0.00	10.5	10.6
44	-20.82	-51.7	-40.3	-5.8	0.00	-0.35	10.6	10.5
45	-20.82	-5.8	5.4	-5.8	17.5	-0.42	10.5	10.4
46	-20.29	17.5	-28.5	-51.4	0.43	0.09	10.4	10.2
47	-20.29	-51.4	-51.2	-27.9	0.09	-0.26	10.2	9.8
48	-19.68	-27.9	6.1	41.0	-1.31	-1.38	9.8	9.7
49	-18.57	41.0	-16.2	-60.3	0.52	0.17	9.7	9.2
50	-18.57	-60.3	-61.3	-49.3	0.17	-0.18	9.2	8.5
51	-17.38	-49.3	7.6	65.3	-2.20	-2.27	8.5	8.4
52	-15.70	65.3	-3.2	-49.5	0.60	0.25	8.4	7.6
53	-15.70	-49.5	-70.8	-70.0	0.25	-0.09	7.6	6.7
54	-13.94	-70.0	9.6	90.1	-3.09	-3.16	6.7	6.5
55	-11.69	90.1	10.7	-45.7	0.68	0.34	6.5	5.5

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)

Figura 116. Resistencias requeridas

En la Figura 117 se observan las resistencias de diseño por cortante, tensión, flexión y compresión de acuerdo a lo descrito en el capítulo 3.

<span style="font-weight: bold; font-size: 1.2em;">Engineering for Floor</span>	
Company: FRAMECAD	
Project:	Dwg Name: Diseno Ruitoque_6
	Tab Name: Floor.1
	Detailer: Alexander Beltran
	Print Date: 23-09-2019
Job Number:	Page No: 2

Member Capacities Report for LC2 (G+Q)												
ID	Shear ΦV/n (kN)	Tension ΦTn (kN)	Comp Section ΦcPno (kN)	Comp Member ΦcPn (kN)	Bend Dn (Sec) ΦbMnxo (N.m)	Bend Dn (Mem) ΦbMnx (N.m)	Bend Up (Sec) ΦbMnxo (N.m)	Bend Up (Mem) ΦbMnx (N.m)	Eff Area Ae (mm <sup>2</sup> )	Sec Mod Up Se (mm <sup>2</sup> )	Sec Mod Dn Se (mm <sup>2</sup> )	
28	20.96	83.17	48.47	83.84	741	702	773	733	241.00	2229	2325	
29	20.96	83.17	48.47	83.84	741	702	773	733	241.00	2229	2325	
30	20.96	83.17	48.47	88.92	741	702	773	733	233.00	2229	2325	
31	20.96	83.17	48.47	83.84	741	702	773	733	241.00	2229	2325	
32	20.96	83.17	48.47	83.84	741	702	773	733	241.00	2229	2325	
33	20.96	83.17	48.47	88.92	741	702	773	733	233.00	2229	2325	
34	20.96	83.17	48.47	83.84	741	702	773	733	241.00	2229	2325	
35	20.96	83.17	48.47	83.84	741	702	773	733	241.00	2229	2325	
36	20.96	83.17	48.47	88.92	741	702	773	733	233.00	2229	2325	
37	20.96	83.17	48.47	83.84	741	702	773	733	241.00	2229	2325	
38	20.96	83.17	48.47	83.84	741	702	773	733	241.00	2229	2325	
39	20.96	83.17	48.47	88.92	741	702	773	733	233.00	2229	2325	
40	20.96	83.17	48.47	83.84	741	702	773	733	241.00	2229	2325	
41	20.96	83.17	48.47	83.84	741	702	773	733	241.00	2229	2325	
42	20.96	83.17	48.47	88.92	741	702	773	733	233.00	2229	2325	
43	20.96	83.17	48.47	83.84	741	702	773	733	241.00	2229	2325	
44	20.96	83.17	48.47	83.84	741	702	773	733	241.00	2229	2325	
45	20.96	83.17	48.47	88.92	741	702	773	733	233.00	2229	2325	
46	20.96	83.17	48.47	83.84	741	702	773	733	241.00	2229	2325	
47	20.96	83.17	48.47	83.84	741	702	773	733	241.00	2229	2325	
48	20.96	83.17	48.47	88.92	741	702	773	733	233.00	2229	2325	
49	20.96	83.17	48.47	83.84	741	702	773	733	241.00	2229	2325	
50	20.96	83.17	48.47	83.84	741	702	773	733	241.00	2229	2325	
51	20.96	83.17	48.47	88.92	741	702	773	733	233.00	2229	2325	
52	20.96	83.17	48.47	83.84	741	702	773	733	241.00	2229	2325	
53	20.96	83.17	48.47	83.84	741	702	773	733	241.00	2229	2325	

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)

Figura 117. Resistencias de diseño

En los resultados de la Figura 118 se determina que el índice de seguridad más desfavorable de la viga está determinado por deflexión en el centro de la luz en el miembro 43.

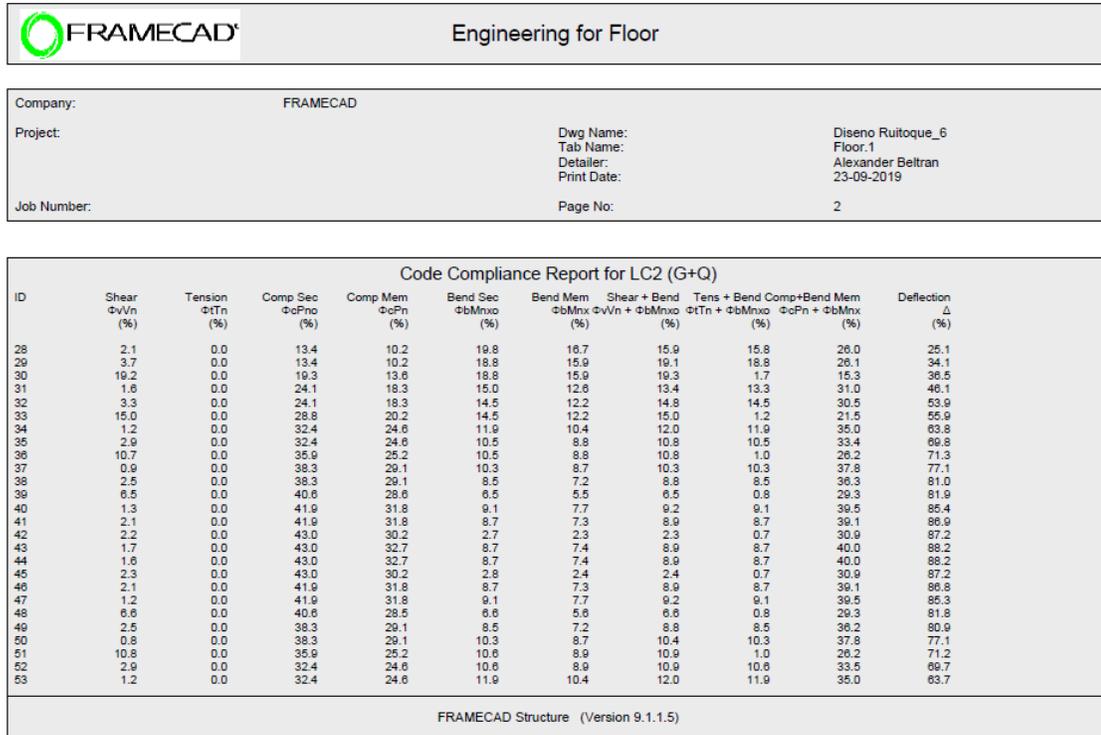


Figura 118. Condición crítica por deflexión

### 6.9 Diseño de Muros

Se escoge el muro estructural L201 de la planta de muros del segundo nivel. Los muros estructurales se diseñan para cargas uniformemente distribuidas aplicadas concéntricamente a los perfiles en C que conforman los parales. Igualmente se aplican presiones de viento perpendicularmente al plano del muro. Las combinaciones de carga producen efectos de compresión y flexión que son revisados y resueltos en función del espaciamiento nominal máximo entre parales. La distancia entre riostras horizontales y entre soleras se utiliza como la longitud sin arriostrar del paral para el cálculo de la resistencia que involucre pandeo del miembro. En la Figura 119 se presenta un resumen de las cargas de servicio actuantes,

combinaciones de carga, propiedades de la sección, resistencias de diseño, espaciamiento nominal máximo de parales e índices de seguridad estructural.

Panel Label:	L201	SECTION DIMENSIONS (SINGLE STUD):	
DESIGN BASICS:		Section Shape	LC
Steel Design Code	AISI S 100-07 LRFD	Section Height	89.0 mm
Loading Code:	IBC 2018 LRFD	Section Width	41.0 mm
Wind Speed (m/s)	W35	Lip Length	11.5 mm
Terrain Factor Kz	1.00	Inside Radius	2.00 mm
Importance Factor I	1.00	Material Thickness	0.95 mm
Topography Factor Kzt	1.00	Service Hole Width	34.0 mm
Wall Location	External	Yield Strength	350 MPa
Usage Type	Load Bearing	Tensile Strength	420 MPa
Dead Load (G)	4.32 kN/m	SECTION PROPERTIES (SINGLE STUD):	
Live Load (Q1 = max(Q2,Q3))	2.19 kN/m	Gross Area	176.65 mm <sup>2</sup>
Roof Live Load (Q2)	2.19 kN/m	Section Mass	1.387 kg/m
Floor Live Load (Q3)	0.00 kN/m	Centroid Left	12.9 mm
Live Load (Q4 = Q2+Q3)	2.19 kN/m	Centroid Top	44.0 mm
Wind Up Load (Wu)	3.06 kN/m	Second Moment of Inertia Ix	224850 mm <sup>4</sup>
Wind Down Load (Wd)	1.06 kN/m	Second Moment of Inertia Iy	41508 mm <sup>4</sup>
Wind Horizontal Load (Wh)	0.77 kPa	Radius of Gyration rx	35.7 mm
Panel Self Weight	2.17 kN/m	Radius of Gyration ry	15.3 mm
Applied Point Load (P)	1.1 kN	Shear Centre x	32.6 mm
Impact Load (P2)	0.7 kN	Shear Centre y	0.00 mm
		Polar Gyration ro	50.9 mm
		Torsion Constant J	53 mm <sup>4</sup>
		Warping Constant Cw	72.90 mm <sup>4</sup>
LOAD CASE RESULTS:	Max Stud Spacing	SECTION CAPACITIES (SINGLE STUD):	
(single stud):		Shear Capacity $\Phi_v V_n$	9.46 kN
1.2G + 1.6Q2 + 1.0Q3	1872.0 mm	Tension Capacity $\Phi_t T_n$	51.85 kN
1.2G + 0.5Q2 + 1.6Q3	2590.5 mm	Compression Capacity $\Phi_c P_{no}$	29.08 kN
1.2G + 1.0Q3 + 1.6S	3137.7 mm	Compression Capacity $\Phi_c P_n$	16.27 kN
1.2G + 1.6P1	2798.2 mm	Bending Capacity $\Phi_b M_{nx}$	1438 Nm
1.2G + 0.5Q4 + 1.0Wh	934.6 mm	Bending Capacity $\Phi_b M_{nx}$	1293 Nm
0.9G + 1.0Wu + 1.0Wh	1334.6 mm	Bending Capacity $\Phi_b M_{nx}$	1438 Nm
0.42Wh	1553.0 mm	Bending Capacity $\Phi_b M_{nx}$	1293 Nm
P2	1291.7 mm		
DESIGN RESULTS:			
Stud Material	89S41-095-350		
Stud Spacing Type	Single Absolute		
Nominal Wall Height	3060.0 mm		
Nominal Noggin Spacing	1053.0 mm		
Max Nominal Stud Spacing	925.0 mm		
Actual Nominal Stud Spacing	600.0 mm		
Stud Engineering Compliance	65 %		
Manually Altered	No		
BRACING STUD DESIGN			
Stud Location	Stud Qty	Action Wd (kN)	Action Wu (kN)
		1.2G+0.5Q+1.0Wd	1.0G-1.0Wu
5755	2	5.31	0.39
6858	2	5.31	0.39
8783	1	3.81	1.89
9283	1	3.81	1.89
		Action Ed (kN)	Action Eu (kN)
		1.2G+0.5Q+1.0Ed	1.0G-1.0Eu
		20.51	-14.81
		20.51	-14.81
		9.01	-3.31
		9.01	-3.31

Figura 119. Resultados de diseño de muros

Los dinteles estructurales se diseñan para cargas uniformemente distribuidas y el dintel se diseña como un elemento reticulado. En la Figura 120 se observan las combinaciones de carga, cargas de servicio, resistencias requeridas, resistencias de diseño e índices de seguridad estructural para un dintel correspondiente al muro L201.

<b>Lintel Specifications:</b>		<b>Face Wind Check</b>			
Panel Label	L201	Deflection Limit	0.00	mm	
Opening Label	3350w1450	Wind Horizontal	0.00	kPa	
Span:	3350 mm	<b>Jamb Stud Results (Each Side):</b>		Left	Right
Depth:	300 mm	Min Qty of Single Jamb Studs	3	3	
Split Head:	No	Jamb Stud Gravity Reaction Up	0.00	0.00	kN
Status:	Passed	Jamb Stud Gravity Reaction Down	15.51	15.51	kN
Opening Head Type:	Webbed Head with L-Plates	Jamb Stud Material	89S41-095-350		
Web Pattern Type:	Pattern Type 7	<b>Lintel Capacity:</b>			
Plate Material:	2 x L20016 200x32x1.55	Bending Capacity Down:	13232	N.m	
Top Plate Material:	89S41-095-350	Bending Capacity Up:	5257	N.m	
Head Material:	89S41-095-350	Shear Capacity Down:	38964.0	N	
Web Material:	89S41-095-350	Shear Capacity Up:	4192.0	N	
Ribbon Beam Material:	NA	Moment of Inertia I <sub>xx</sub> :	8770327	mm <sup>4</sup>	
<b>Design Basics:</b>		<b>Maximum Design Action:</b>			
Steel Design Code:	AISI S100-07 LRFD	Bending Action Down:	12994	N.m	
Loading Code:	IBC 2018 LRFD	Bending Action Up:	0	N.m	
<b>Load Cases:</b>		Shear Action Down:	15515.0	N	
1.2G + 1.6Q1		Shear Action Up:	0.0	N	
1.2G + 0.5Q3 + 1.6S		I <sub>xx</sub> for Deflection:	5686292	mm <sup>4</sup>	
1.2G + 1.6Q3 + 0.5S		<b>Result Checks:</b>			
1.2G + 1.6P		Bending Action Down:	98.2	%	
1.2G + 1.0Wd + 0.5Q2		Bending Action Up:	0.0	%	
0.9G + 1.0Wu					
G + Q1					
0.42Ws					

Figura 120. Resultados de diseño de dinteles

## 6.10 Análisis de Costos

Para el análisis comparativo de costos se presenta el presupuesto de la estructura tradicional en la Figura 121 y el presupuesto de la estructura alterna en la Figura 122. Los capítulos de obra evaluados consideran actividades comunes a los dos sistemas como son los preliminares, cimentación y acabados. Sin embargo, por tratarse de dos sistemas estructurales distintos los capítulos de estructura para muros, entrepisos y cubierta son diferentes.

En el proceso utilizado para la elaboración del presupuesto de obra para la construcción en sistema tradicional se procedió a calcular las cantidades de obra para los capítulos

preliminares, cimentación, estructura, mampostería, frisos y cubiertas. Seguidamente se elaboró un análisis de precios unitarios para cada uno de los ítems de obra tomando como base precios de mercado para los materiales de obra y rendimientos de mano de obra y por último se elaboró el cuadro de cantidades y precios (presupuesto).

Para obtener el presupuesto del sistema de construcción en acero liviano se llevó a cabo un procedimiento similar al descrito anteriormente, con la diferencia de que además se contó con una cotización comercial de un contratista local de obra especializado en construcción liviana.

Con el fin de determinar el costo de los capítulos de redes y acabados se siguió la siguiente metodología con base en información de Construdata (Edición 192) en la cual se estima el valor de costo total de construcción por metro cuadrado para una casa unifamiliar en estrato medio. El costo total estimado es de \$1.911.684, se asume que el costo de los capítulos de redes y acabados es similar para las dos alternativas, esto implica que el costo de estos capítulos en los dos sistemas es de \$973.404.

El proceso para la elaboración del cronograma de obra consta de dos aspectos. El primero es el cálculo de duraciones de actividades, el cual tiene como base los rendimientos de mano de obra para cada actividad. El segundo, es el análisis de precedencias entre actividades que se basa en un desarrollo lógico de los ítems de obra.

Una característica del cronograma de la estructura alterna en acero es el comportamiento lineal entre actividades que reflejan la naturaleza del sistema industrializado, es decir, una actividad se ejecuta completamente antes de iniciar la sucesora. Se observa que la única actividad que genera simultaneidad es la de la instalación de redes. Ver Figura 124.

En el caso del cronograma de la estructura tradicional se presenta mayor número de actividades simultáneas debido a que la duración de las actividades es más extensa y por lo tanto

se debe aprovechar el comienzo de actividades lo más temprano posible para optimizar la duración total del proyecto. Ver Figura 123. Los flujos de caja para los dos sistemas se obtuvieron a través de la acumulación semanal de costos de acuerdo a los capítulos que integran el presupuesto, incluyendo los capítulos de redes y acabados que se asumen similares en los dos sistemas. La tendencia del flujo acumulado semanal de las dos estructuras es siempre incremental ya que el desembolso de gastos es acumulado. La tendencia casi lineal del flujo de caja de la estructura de acero se debe a que se ha supuesto que la compra de la perfilería en Colombia no requiere que se adelante la compra en las etapas tempranas del proyecto, ya que este material no tiene una alta demanda en nuestro medio, por lo tanto los desembolsos para la perfilería de acero se hace a medida que se requiera el material de acuerdo al cronograma; sin embargo este supuesto podría variar si se requiriera la compra de la perfilería para toda la obra en la parte inicial del cronograma de obra lo que generaría un flujo de caja algo diferente al presentado. El flujo de caja de la solución tradicional se observa en la Figura 125 y el de la solución alterna en la Figura 126 y un comparativo de los dos flujos en la Figura 127.

PRESUPUESTO GENERAL DE OBRA					
ESTRUCTURA RESIDENCIAL DE 2 NIVELES BUCARAMANGA					
ALTERNATIVA 1 - SISTEMA ESTRUCTURAL CON PÓRTICOS RESISTENTES A MOMENTO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>				
1.1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	m2	240	\$2,642	\$634,080
1.2	DESCAPOTE	m2	240	\$3,256	\$781,440
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$1,415,520</b>
<b>2</b>	<b>CIMENTACIÓN</b>				
2.1	EXCAVACIÓN MANUAL PARA ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN	M3	17.9204	\$20,350	\$364,680
2.2	ACERO DE REFUERZO CIMENTACIÓN	kg	2140.5161	\$4,247	\$9,090,772
2.3	CONCRETO PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN	m3	9.7284	\$579,785	\$5,640,380
2.4	CONCRETO CICLÓPEO	M3	20.48	\$391,433	\$8,016,548
2.5	CONCRETO PARA ZAPATAS	m3	8.192	\$579,785	\$4,749,599
2.6	MALLA ELECTROSOLDADA M-388 PARA LOSA DE CIMENTACIÓN	kg	5025	\$4,457	\$22,396,425
2.7	PLACA DE ANTEPISO	m2	201	\$54,490	\$10,952,490
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$61,210,894</b>
<b>3</b>	<b>ESTRUCTURA</b>				
3.1	ACERO DE REFUERZO ESTRUCTURA	kg	6274.8865	\$4,110	\$25,789,784
3.2	CONCRETO PARA COLUMNAS	m3	17.112	\$1,135,000	\$19,422,120
3.3	PLACA DE ENTREPISO ALIGERADA e=40 cm (incluye malla electr.)	m2	142	\$225,000	\$31,950,000
3.4	VIGA-CANAL EN CONCRETO	ML	81.45	\$253,000	\$20,606,850
3.5	VIGAS CUBIERTA	ML	44.14	\$1,135,000	\$50,098,900
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$147,867,654</b>
<b>4</b>	<b>MAMPOSTERÍA</b>				
4.1	MAMPOSTERIA FACHADA	M2	433.49	\$85,800	\$37,193,442
4.2	MAMPOSTERÍA MUROS INTERNOS	M2	206.181	\$41,395	\$8,534,862
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$45,728,304</b>
<b>5</b>	<b>PAÑETES</b>				
5.1	PAÑETE 1:4 MUROS INTERNOS	M2	845.852	\$22,049	\$18,650,190.75
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$18,650,191</b>
<b>6</b>	<b>CUBIERTAS</b>				
6.1	ESTRUCTURA EN MADERA Y MACHIMBRE PARA TEJA DE BARRO	M2	229.7	\$65,880	\$15,132,636.00
6.2	CUBIERTA EN TEJA DE BARRO	M2	229.7	\$52,769	\$12,121,039.30
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$27,253,675</b>
<b>TOTAL</b>					<b>\$302,126,238</b>
AREA CONSTRUIDA (m <sup>2</sup> )					322
VALOR METRO CUADRADO CONSTRUIDO (SIN INCLUIR REDES NI ACABADOS)					\$938,280
NOTA: ÉSTE PRESUPUESTO ESTÁ REALIZADO CON BASE EN UN SALARIO MÍNIMO LEGAL VIGENTE DE \$830.000					

Figura 121. Presupuesto estructura en concreto

PRESUPUESTO GENERAL DE OBRA					
ESTRUCTURA RESIDENCIAL DE 2 NIVELES BUCARAMANGA					
ALTERNATIVA 2 - SISTEMA ESTRUCTURAL CON ACERO CONFORMADO EN FRÍO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>				
1.1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	m2	240	\$2,869.00	\$688,560.00
1.2	DESCAPOTE	m2	240	\$3,256.00	\$781,440.00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$1,470,000</b>
<b>2</b>	<b>CIMENTACIÓN</b>				
2.1	EXCAVACIÓN MANUAL PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN	ml	81.07	\$20,350.00	\$1,649,774.50
2.2	MALLA ELECTROSOLDADA M-388 PARA LOSA DE CIMENTACIÓN	kg	1440	\$4,457.00	\$6,418,080.00
2.3	LOSA DE CIMENTACIÓN ESPESOR 15 cm	m2	240	\$77,665.00	\$18,639,600.00
2.4	CONCRETO PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN	m3	3.88	\$579,785.00	\$2,250,725.37
2.5	ACERO DE REFUERZO CIMENTACIÓN	kg	734.04	\$4,247.00	\$3,117,453.35
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$32,075,633</b>
<b>3</b>	<b>ESTRUCTURA Y MUROS LIVIANOS</b>				
3.1	ESTRUCTURA DE ACERO LIVIANO PARA MUROS PISO 1	kg	2896.3	\$4,557.00	\$13,198,439.10
3.2	ESTRUCTURA DE ACERO LIVIANO PARA MUROS PISO 2	kg	1721.5	\$4,487.00	\$7,724,370.50
3.3	ESTRUCTURA DE ACERO LIVIANO PARA PLACA DE ENTREPISO	kg	2427	\$4,767.00	\$11,569,509.00
3.4	ESTRUCTURA DE ACERO LIVIANO PARA CUBIERTA	kg	3191.9	\$4,557.00	\$14,545,488.30
3.5	MURO EN LÁMINA DE FACHADA (INCLUYE CARAS EXTERNA E INTERNA DOBLE LÁMINA YESO-CARTON Y AISLAMIENTOS TÉRMICO Y ACÚSTICO)	M2	433.49	\$180,650.00	\$78,309,968.50
3.6	MURO EN LÁMINA DE YESO-CARTÓN PARA MUROS INTERNOS (1 CARA)	M2	312.602	\$36,491.00	\$11,407,159.58
3.7	ENTREPISO INCLUYE LÁMINA OSB Y PLYWOOD (INCLUYE AISLAMIENTO)	M2	201	\$114,153.00	\$22,944,753.00
3.8	MURO PLACA VERDE (BAÑOS)	M2	99.76	\$36,968.00	\$3,687,927.68
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$163,387,616</b>
<b>4</b>	<b>CUBIERTAS</b>				
4.1	CUBIERTA EN TEJA DE MANTO ASFÁLTICO SOBRE OSB (INCLUYE AISLAMIENTO)	M2	229.7	\$127,655.00	\$29,322,353.50
4.2	CIELO RASO EN LÁMINA DE YESO-CARTÓN	M2	381.33	\$40,959.00	\$15,618,895.47
4.3	CIELO RASO EXTERIOR PARA ALEROS	M2	49.37	\$45,903.00	\$2,266,231.11
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$47,207,480</b>
<b>TOTAL</b>					<b>\$244,140,729</b>
AREA CONSTRUIDA (m <sup>2</sup> )					322
VALOR METRO CUADRADO CONSTRUIDO (SIN INCLUIR REDES NI ACABADOS)					<b>\$758,201</b>
NOTA: ÉSTE PRESUPUESTO ESTÁ REALIZADO CON BASE EN UN SALARIO MÍNIMO LEGAL VIGENTE DE \$830.000					

Figura 122. Presupuesto estructura acero conformado en frío

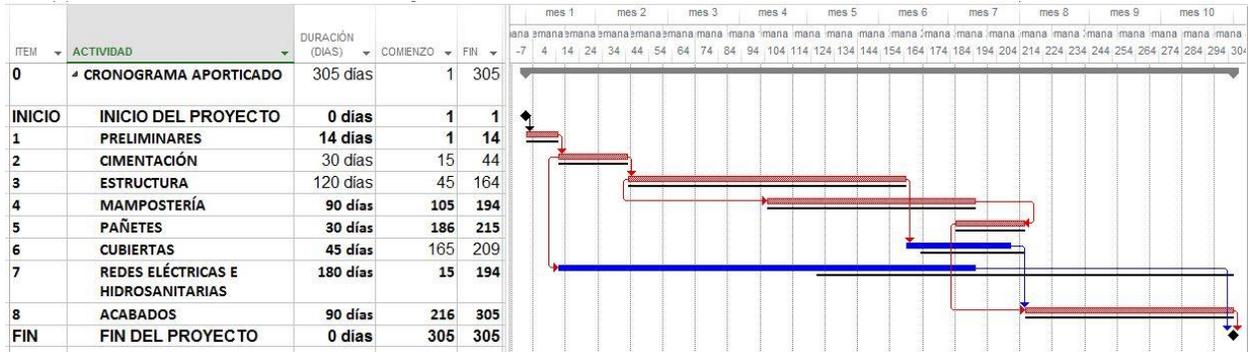


Figura 123. Cronograma de obra estructura tradicional

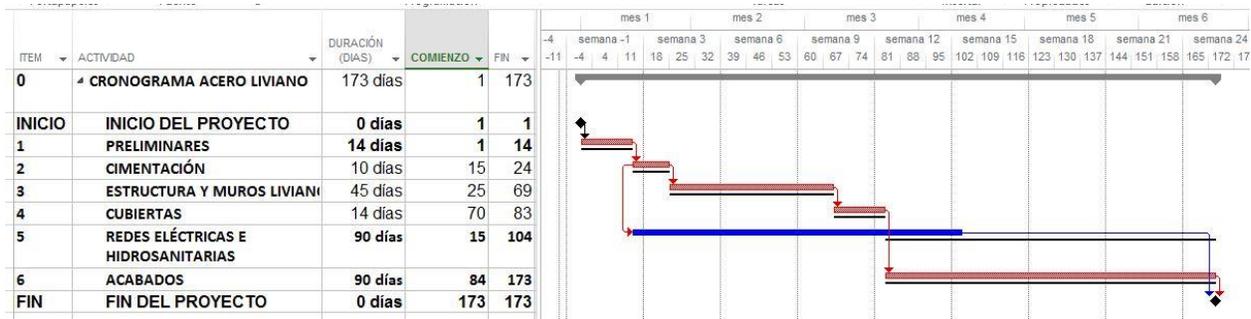


Figura 124. Cronograma de obra estructura alterna

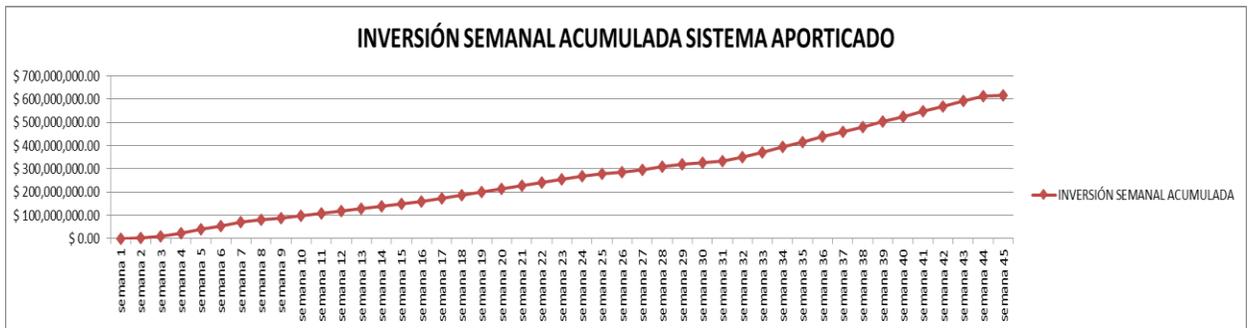


Figura 125. Flujo de caja estructura tradicional

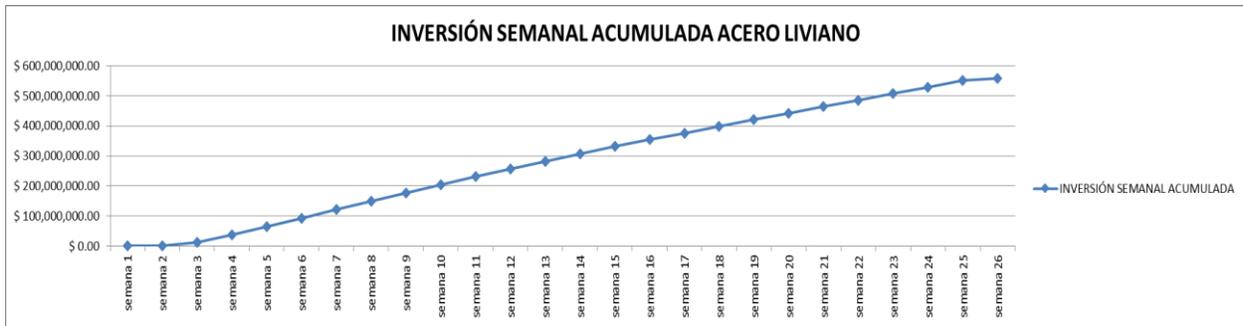


Figura 126. Flujo de caja estructura acero conformado en frío



Figura 127. Flujo de caja comparativo

## 7. Conclusiones

La comparación entre la estructura tradicional de concreto reforzado y la estructura alterna en acero conformado en frío presenta diferencias significativas en el peso total de la estructura en favor del sistema alterno. El peso total de la estructura tradicional es de 253ton mientras que el peso de la estructura alterna es de 79ton. Esta diferencia representa un ahorro de aproximadamente  $2/3$  partes del peso con respecto a la estructura tradicional y se debe principalmente a que los subsistemas de muros, entrepisos y cubiertas son ensamblados con perfiles de acero de lámina delgada y materiales de revestimiento de bajo peso que conforman el concepto de un sistema estructural liviano. La carga permanente de entrepiso de la estructura tradicional sin considerar el peso de muros divisorios es de 415kg/m<sup>2</sup> mientras que el sistema de entrepiso de la estructura alterna es de 125kg/m<sup>2</sup>. El peso para muros de mampostería de 10cm de ancho es de aproximadamente 200kg/m<sup>2</sup> de área vertical mientras que el peso de muros estructurales y particiones de acero liviano oscila alrededor de 50 a 70kg/m<sup>2</sup> para este proyecto. El peso de la cubierta de la estructura tradicional es de 300kg/m<sup>2</sup> mientras que el de la estructura alterna es de 75kg/m<sup>2</sup>. La reducción de la masa de la estructura genera que las cargas sísmicas se reduzcan significativamente y por consiguiente sus efectos sobre la estructura serán menores.

El periodo fundamental aproximado de la estructura tradicional es de 0.31 s mientras que el de la estructura alterna es de 0.23 s. Sin embargo un análisis más detallado del periodo de la estructura alterna utilizando el método de Rayleigh, considerando la rigidez lateral de los sistemas de resistencia lateral usados en la estructura liviana (riostros de acero y diafragmas estructurales de madera OSB) conduce a un periodo aproximadamente de 0.12 s en las dos

direcciones principales lo que indica que el periodo calculado con el método aproximado es muy conservador en la estimación del periodo fundamental de la estructura ya que solo se basa en la altura de la edificación pero no incluye los factores de rigidez adicional proporcionados por los sistemas de resistencia lateral. En el caso de las riostras de acero el método aproximado no considera la rigidez axial proporcionada por las riostras de acero en tensión ni la rigidez de los anclajes colocados en los extremos de las riostras. En el caso de los diafragmas estructurales de madera OSB no considera los efectos de rigidez por flexión y por corte del diafragma, ni los efectos no lineales del diafragma ni la contribución de la rigidez de los anclajes. Los dos métodos para el cálculo del periodo fundamental indican que la estructura alterna es una estructura de mayor rigidez comparada con la estructura tradicional y que el método exacto indica que la estructura de acero es más rígida de lo que indica el método aproximado.

Las normas AISI establecen que el factor de reducción de capacidad de energía – R para entramados livianos utilizando muros de corte a través de diafragmas estructurales de madera (OSB o plywood) sea de 6.5 y utilizando riostras de acero en cruz sea de 4.0 (ver tabla 11) lo que indica que el sistema de muros de corte posee mayor ductilidad que el sistema de riostras. El mecanismo de disipación de energía en el primer caso es a través de las conexiones entre el diafragma de madera y el entramado de acero y disipación de energía en el diafragma mismo. El mecanismo de disipación de energía del segundo sistema de resistencia lateral es a través de la fluencia de las riostras de acero, lo que conlleva a que los elementos de borde, elementos colectores, sus conexiones y anclajes deban diseñarse para la resistencia esperada de las riostras. Debido a la combinación de sistemas utilizado en la estructura liviana, el factor R para determinar la fuerza cortante de diseño es el menor de los dos valores anotados que configura una penalización del sistema de muros de corte el cual es más dúctil que el sistema con riostras

de acero. La estructura de concreto con pórticos de disipación de energía especial de acuerdo con el reglamento NSR-10 utiliza un factor R de 7.0, el cual es comparable con el R de los muros de corte del sistema liviano pero es más alto que el R de los sistemas de riostras de acero. Sin embargo, el bajo peso de la estructura liviana compensa significativamente esta aparente desventaja en términos de R y hace que los efectos sísmicos sean reducidos significativamente en la estructura liviana.

Se realizó la comparación de los costos de construcción correspondientes a las dos alternativas constructivas en los capítulos descritos en el capítulo 4, asumiendo que estos capítulos son los que presentan diferencias en costo y los dos restantes (redes y acabados) al poseer similares características en ambas alternativas deben tener el mismo costo. De acuerdo al presupuesto de obra se procedió a calcular el costo de construcción por metro cuadrado sin incluir redes ni acabados, obteniendo así el costo de la construcción del sistema tradicional es de \$938.280/m<sup>2</sup> y el del sistema alternativo en acero es de \$758.201/m<sup>2</sup>. Se concluye que el valor de la diferencia sin redes ni acabados es de \$180.079/m<sup>2</sup> y en términos de porcentaje equivale a una reducción en el costo del sistema tradicional de un 19.19%.

La duración total estimada para la construcción de la alternativa alterna en acero liviano es de 173 días versus 305 días de la casa construida con el sistema tradicional. Esta diferencia en términos porcentuales es de 43% lo que indica que la incidencia del porcentaje de mano de obra en la reducción total de costos del proyecto es de un 30% aproximadamente. La disminución en el plazo se genera en la agilidad de diversas actividades del sistema de construcción liviana como una cimentación más sencilla (losa de cimentación vs ciclópeo del acero liviano más zapatas y vigas de cimentación) del sistema tradicional; el montaje de la estructura en acero liviano es mucho más rápido comparado con la estructura del sistema tradicional; la instalación del

empacado y recubrimientos del sistema liviano es más rápido por ser una obra en seco en comparación con la mampostería que requiere mayor tiempo para los frisos.

La etapa de montaje de una estructura liviana acorta los plazos de manera significativa con respecto a la estructura tradicional. Con base en información proporcionada por varios constructores se estima que unos 1200kg de acero en promedio se instalen por día con una cuadrilla de 5 trabajadores. La etapa previa al montaje que es la del ensamblaje de los paneles se ha estimado con base en un rendimiento muy conservador en el presupuesto, ya que las maquinas laminadoras de una tecnología como la presentada en este trabajo puede fabricar perfiles en un rango entre 300m/h y 750m/h dependiendo del tipo de ensamblaje, es decir, en promedio unos 4400kg/día para un perfil de 89x41x0.75. La alta eficiencia en la etapa de ensamblaje depende directamente de la tecnología con la cual se laminen los perfiles, ya que las operaciones de punzonado, estampado, desaletado y demás perforaciones hechas por las máquinas de última tecnología permiten que el ensamblaje se haga de manera rápida. Este no sería el caso con perfiles genéricos estándar a los que habría que sumarle la duración y mano de obra para cortar perfiles a la medida y hacer las operaciones requeridas para conectarlos lo cual genera un ensamblaje más costoso.

La inversión total para la construcción de la casa en sistema de acero liviano es de \$552'208.560 y se realiza en un plazo de 26 semanas y para el sistema tradicional es de \$615'562.248 que se invierten en un plazo de 45 semanas. El sistema tradicional requiere una inversión adicional de \$63'353.687 y tiene un plazo mayor en 132 días lo cual implica no solo una mayor inversión sino un mayor costo financiero, representado en el costo de capital que implica el mayor plazo antes de poder dar uso a la edificación y en consecuencia un mayor tiempo de espera para el retorno de la inversión y el beneficio de la misma.

El desperdicio de materiales es un tema fundamental en el sistema alternativo de acero liviano ya que todas las etapas del proyecto, desde el diseño arquitectónico, estructural, redes, servicios y operación del proyecto, están integrados bajo las herramientas BIM de tal manera que todos los componentes como la estructura de acero, los materiales de recubrimiento, las redes, etc., quedan planificados optimizando los materiales y minimizando el desperdicio. El hecho de que el sistema alternativo de acero liviano encaje con los principios de un sistema industrializado hace que todas las etapas previas al inicio de la obra para la manufactura de la estructura y componentes se haga en un ambiente de fábrica controlado incrementando la calidad del proyecto final.

La estructura objeto de este proyecto está clasificada como una estructura residencial tipo R2 y el reglamento NSR10 no requiere de la cuantificación de su resistencia contra el fuego por considerarla una estructura con baja capacidad de combustión. Sin embargo, con el objetivo de comparar el desempeño contra el fuego, la estructura se puede asociar a una categoría III para la cual se debe proveer 1 hora de resistencia al fuego normalizado que especifica la norma NTC 1480 para vigas, columnas, viguetas y muros portantes. En la estructura tradicional se provee de un recubrimiento a las vigas principales de 40mm el cual es superior al recubrimiento mínimo especificado de 20mm para 1 hora de resistencia al fuego. Las dimensiones de las columnas son superiores a 200mm x 200mm que requiere la NSR10 para obtener 1 hora de resistencia al fuego. El espesor de la placa aligerada descontando el área del casetón es superior a 90mm que es el espesor mínimo para obtener 1 hora de resistencia al fuego. Un muro de mampostería conformado por unidades con perforaciones vacías que tenga un espesor mínimo equivalente de 60mm puede tener una resistencia de 1 hora contra el fuego. La solución alterna provee 1 hora de resistencia al fuego para la cubierta de acuerdo a la entidad certificadora UL (reporte ULC R501

– ver apéndice B), 1 hora para el sistema de entrepiso de acuerdo a la entidad certificadora Intertek (reporte FC-WFJ-1 – ver apéndice B), 1 hora para el sistema de muros no portantes de acuerdo a la entidad certificadora UL (reporte U425 – ver apéndice B) y 1 hora para el sistema de muros portantes de acuerdo a la entidad certificadora UL (reporte ULC U415 – ver apéndice B). Por lo anterior los dos sistemas, tanto el tradicional como la solución alterna cumplen con los requerimientos de 1 hora de resistencia al fuego para estructuras residenciales.

La resistencia al fuego del sistema alterno se puede incrementar si se incrementa el número de tableros de recubrimiento. Por ejemplo, se puede incrementar la resistencia al fuego a 1.5 horas del sistema de cubierta al usar 2 tableros de placa de yeso de 16mm en el cielo raso (reporte ULC R501). El sistema de muros exteriores portantes con 2 tableros de placa de yeso de 13mm en la cara interna y un sistema EIFS en la cara externa alcanza 1 hora de resistencia al fuego, sin embargo, con 3 tableros en la cara interna la resistencia al fuego se duplica a 2 horas (reporte ULC U415). El sistema de muros interiores portantes con 1 tablero de placa de yeso de 16mm en cada cara proporciona una resistencia al fuego de 1 hora, con 2 tableros en cada cara duplica la resistencia a 2 horas (reporte ULC U415). El sistema de muros internos no portantes con 1 tablero de placa de yeso de 16mm en cada cara proporciona 1 hora de resistencia al fuego, con 2 tableros en cada cara la resistencia se duplica a 2 horas (reporte FM Wall 1 y FM Wall 7 – ver apéndice B).

La reglamentación en Colombia relacionada con los niveles de ruido permitidos parece ser consistente con normas internacionales. Para una edificación de uso residencial el nivel equivalente de ruido en su interior por fuentes generadas externamente debe estar como mínimo en 45dB para un periodo nocturno y 55dB para un periodo diurno. El parámetro denominado CTS que representa la clasificación de transmisión sonora, indica que tan alto es el nivel de ruido

que atraviesa un sistema o material y que es percibido por una persona. Entre más alto sea el CTS más efectivo es el material o sistema para retardar la transmisión de sonido a través del aire. La norma NSR10 no establece criterios para la determinación de los niveles acústicos de muros de mampostería por lo tanto se hace necesario recurrir a fuentes de información provenientes de otros países de las cuales se extrae que un muro de 10cm de espesor conformado por unidades de mampostería de arcilla puede proveer una CTS de 39dB. Si se duplica el espesor del muro a 20cm la CTS se incrementa a 45dB. Los valores de CTS para unidades de mampostería en concreto huecas de 10cm de espesor oscila entre 40 y 45dB dependiendo de la densidad del material mientras se espera que la CTS se incremente a valores entre 45 a 48dB con mortero de relleno. Comparativamente un muro no portante conformado por perfiles de acero de 89x41mm de alma espaciados a 60cm con aislamiento de lana de roca, una capa de 16mm de placa de yeso por cada cara puede alcanzar una CTS de 51 y si se duplica el número de tableros de placa de yeso a 2 por cada cara el CTS puede llegar a 58 (UL U495 – ver apéndice B) que producen un sistema de mejor desempeño acústico comparado con los muros de mampostería.

En el sistema alterno se pueden manejar varios factores que permitan incrementar el aislamiento acústico como la cantidad de aire entre los perfiles y la rigidez del sistema, esto significa, que una pared conformada con perfiles de mayor altura y/o espaciados a una mayor distancia, o utilizando doble muro con una cavidad entre ellos se obtendrá una CTS más alta. Para el mismo tamaño de perfil y espesor, pero un espaciado mayor se obtiene un sistema de menor rigidez y una CTS más favorable. La pérdida de rigidez ocasionada por el mayor espaciamiento de parales en un muro no portante se puede contrarrestar fijando los tableros a través de perfiles omega ubicados perpendicularmente a los parales del muro y así evitar la reducción de la CTS por transmisión directa de la onda de sonido. Otro factor incidente en la

mejora de aislamiento acústico es el relacionado con la reducción de puntos de fijación de los tableros de recubrimiento a la estructura de acero, por lo tanto, un tablero fijado con tornillos colocados a un espaciamiento más pequeño tendrá un menor desempeño acústico. La masa del sistema tiene una relación directa con el desempeño acústico, es así, que al aumentar el número de tableros por cada cara las ondas sonoras que se mueven en el aire deben penetrar mayores espesores y por tanto las pérdidas de transmisión sonoras entre dos espacios será mayor.

El desempeño acústico de los sistemas de entresijos livianos con acero conformado en frío se basa en los efectos de múltiples capas de manera similar a las paredes. En entresijos, además de la clase de transmisión sonora CTS se debe medir la transmisión de sonido por impacto TSI. Los principales factores que inciden en obtener mayores valores de CTS y TSI son mayor separación posible entre la capa superior del entresijo y la capa inferior del cielo raso. Una forma de lograr esto es construyendo un entresijo flotante, es decir, utilizando una capa de material aislante elástico con una rigidez dinámica baja de gran capacidad de amortiguación ubicado entre los tableros superior e inferior ubicados ambos por encima de las viguetas metálicas y la colocación de los perfiles omega para fijar el tablero del cielo raso. La porción de piso flotante ubicada por encima del material elástico debe aislarse de la estructura de los muros a lo largo del perímetro de piso con el mismo material elástico que debe tener continuidad verticalmente para separar el piso flotante de los muros de acero.

Los valores mínimos aceptables para sistemas de entresijos y cielo rasos proporcionados en códigos de Estados Unidos para TSI varían entre 45dB y 50dB. Un sistema de entresijo con acabado con alfombra y sub base sobre un tablero de 19mm de madera laminada, viguetas metálicas de 20cm de altura espaciadas a 60cm, lana de roca como aislante y el cielo raso conformado por perfiles omega y un tablero de 16mm de placa de yeso pueden alcanzar una CTS

de 56dB y un TSI de 71dB. El efecto de la instalación de la alfombra y la sub base, la separación del tablero de placa de yeso en la parte inferior y el material aislante es bastante significativo en el desempeño acústico ya que si no se instalan los valores anteriores se reducen drásticamente.

En Colombia no existen normas que definan los parámetros R de resistencia térmica o U de transmitancia térmica, que usan otras normas internacionales para medir el nivel de desempeño térmico en edificaciones. Según las normas IECC de Estados Unidos para estructuras residenciales que no superen los tres niveles, como el objeto de este trabajo, se requiere dotar a los muros de la estructura alterna en acero de un valor R-13 ( $R=2.29$  en  $M^2 C/W$ ) y de un R-5 ( $R=0.88$  en  $M^2 C/W$ ) para el sistema de aislamiento térmico exterior para la zona climática ubicada al sur de la Florida. Utilizando el método prescriptivo, se puede observar que en el sistema de muros de acero de la estructura alterna que utiliza un perfil de 89mm se puede colocar una lana de roca con un R-13 y el sistema de aislamiento térmico exterior de 50mm de espesor provee un R-8 que es aceptable para la zona climática asumida. Con base en los valores de la tabla 21 para la tipología No. 7 que es similar al muro exterior utilizado en la estructura alterna se obtiene un R-2.73 que implica un valor de U-0.37 ( $W/M^2 C$ ). Los valores de U típicos para la estructura tradicional con base en muros de mampostería de concreto y arcilla en diferentes formatos huecos y macizos para espesores de 12cm, oscila entre 2.01 y 2.72 que son más altos que los valores obtenidos para la estructura de acero por lo que esta última es una estructura significativamente más eficiente desde el punto de vista térmico. Una comparación similar se puede hacer si se analiza el valor de R-1.70 obtenido para un sistema de muros no ponexortantes en la cual el valor correspondiente de U es 0.58 que es mucho menor a los valores de U para muros de mampostería.

La durabilidad del sistema estructural en acero depende del tipo y espesor del galvanizado, del entorno ambiental de la estructura, del grado de exposición a condiciones húmedas y de su conexión con otros materiales que puedan generar una reacción con el zinc que es el principal elemento de protección utilizado en las bobinas. La vida útil de una estructura en acero liviano se asocia con la pérdida de un 50% del peso del galvanizado en la superficie expuesta, que para un G275 es de  $137\text{g/m}^2$  para componentes que no puedan ser inspeccionados durante la vida útil como muros, o con una pérdida del 80% del peso del galvanizado, es decir  $220\text{g/m}^2$  para acero G275, en la superficie expuesta para componentes que puedan ser inspeccionados como cerchas o entrepisos. En general con base en estudios que han tratado de determinar la rata de pérdida de la protección con zinc en diversas condiciones ambientales es muy baja, en promedio de  $0.3\text{g/m}^2$  por año para estructuras construidas con sistema de aislamiento exterior en las cuales se han evidenciado bajos niveles de humedad. Algunos estudios arrojan que la pérdida del 50% de la protección del galvanizado se podría alcanzar en unos 230 años si se asume una función lineal, mientras que otros estudios arrojan una durabilidad de 2150 años para la misma pérdida del 50% de zinc basados en el hecho de que la pérdida de  $0.3\text{g/m}^2$  se reduce con el tiempo a medida que las condiciones de humedad desaparecen. Así las cosas, en el escenario más desfavorable una estructura construida de acuerdo a las normas de diseño y construcción de acero conformado en frío debe durar más de 200 años. Comparativamente la vida útil de una estructura de concreto si se sigue todos los lineamientos de la norma es de 50 a 60 años lo cual representa una ventaja de la estructura de acero.

Las desventajas del sistema alterno en acero en Colombia comienzan en la misma normativa de la NSR10 que en su actual versión presenta vacíos normativos ya que en el título A no hay un sistema estructural para el acero liviano, pero de otra manera en el título F.4 indica las

referencias apropiadas para hacer el diseño sísmico (AISI). La cultura nuestra también impone una barrera ante tecnologías de construcción livianas que en general asocian el hecho de que si no existe una pared maciza entonces no es una estructura robusta, por lo tanto, la educación en la comunidad de profesionales de la construcción en estas tecnologías es algo necesario para que se pueda implementar este tipo de tecnologías y se expanda el conocimiento a través de proyectos. A pesar de que existen tecnologías de punta en el país como la presentada en esta tesis, la infraestructura necesaria para la cadena de suministro de partes y componentes como conectores, opciones de recubrimiento y demás es aún muy limitada, lo que genera una desmotivación para la implementación de esta tecnología.

## 8. Recomendaciones

El Reglamento NSR10 debe incluir en el título A un sistema estructural que permita la implementación sin ambigüedades del sistema liviano en acero conformado en frío, especificando los sistemas de resistencia lateral que se utilizan normalmente y que son permitidos por las normas AISI, incluyendo los parámetros de coeficientes de capacidad de disipación de energía y la altura máxima permitida del sistema de acuerdo a la zona de amenaza sísmica.

Debe hacerse un esfuerzo por incluir dentro de la NSR10, un título que describa claramente los requerimientos de desempeño térmico para edificaciones, estableciendo mapas que identifiquen las zonas climáticas y definiendo los parámetros de resistencia térmica o de transmitancia térmica y los métodos de cálculo de tipo prescriptivo o más detallado que permita a los Arquitectos e Ingenieros especificar claramente el desempeño adecuado de los elementos de la envolvente de la edificación.

De la misma manera debería incluirse un título en la NSR10, que incluya los requerimientos mínimos de desempeño acústico de componentes dentro de una edificación construida con acero liviano. Muchos de los sistemas de muros, entrepiso y cubierta están estudiados y ensayados por entidades certificadoras en Estados Unidos y otros países. Si bien estos ensayos que están disponibles al público son una guía para los especificadores, debería pensarse en ejecutar ensayos localmente para confirmar los datos esperados con base en los materiales que se dispongan localmente.

En lo relacionado con la resistencia al fuego de estructuras de acero liviano, en el Reglamento NSR10 se deberían incluir o referenciar las bases de datos de ensayos ejecutados por entidades certificadoras de Estados Unidos y otros países y complementarse con ensayos a nivel local.

### Referencias Bibliográficas

- Acesco. (2016). *Manual Técnico de Perfiles*. Bogotá: Acesco.
- American Iron and Steel Institute. (2009). *AISI S213-07 North American Standard for Cold Formed Steel Framing – Lateral Design*.
- American Iron and Steel Institute. (2015). *AISI S400-15 North American Standard for Seismic Design of Cold Formed Steel Structural Systems*.
- American Iron and Steel Institute. (2016). *AISI S100-16 North American Specification for the Design of Cold Formed Steel Structural Members*.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2001). *ASHRAE Handbook*.
- Arcelor, M., & Staal, B. (2008). *Best Practice in Steel Construction – Residential Buildings*.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10*.
- Bateman, N. (1997). Light Gauge Steel Verses Conventional Wood Framing in Residential Construction. *Journal of Construction Education*.
- Black, J. (2011). *Recommended Modified Zone Method Correction Factor For Determining R-Values of Cold Formed Steel Wall Assemblies*.
- Chajes, A., Britvec, S., & Winter, G. (1963). Effects of Cold Straining on Structural Steel Sheets. *Journal of the Structural Division*.
- Cohen, J., & Pekoz, T. (1987). Local Buckling of Plate Elements. *Research Report*.

Cold Formed Steel Engineers Institute. (2013). *Durability of Cold Formed Steel Framing Members. Technical Note D001-13.*

Construdata. (2014). *Normativa Construcción Liviana en Seco.* Obtenido de <https://www.construdata.com/>

Dannemann, R. (2007). Manual de Ingeniería. *Asociación Latinoamericana del Acero Alacero,* 14-15.

Elhajj, N. (2013). *Framecad Sub Assembly Rating Analysis.*

Framecad. . (2019). *Fiire and Sound Rated Steel Frame Wall and Floor/Ceiling Assemblies.*

Gad , E., Duffield, C., Hutchinson , G., & Manse. (1997). Lateral performance of cold-formed steel-framed domestic Structures. *Engineering Structures.*

Global Cement. (2014). *Cement Boards Fundamental Facts. .*

Gomez, D. (2008). *Estudio Comparativo Entre Distintas Metodologías de la Construcción de Viviendas.* Universitat Politecnica de Catalunya. Catalunya: Universitat Politecnica de Catalunya.

Hancock , G., Murray , T., & Ellifrit , D. (2001). *Cold Formed Steel Structures to the AISI Specification.*

Karren , K., & Winter, G. (1995). Effects of Cold-Forming on Light Gauge Steel Members. *Research Project.*

Kim, J. (2019). *Development of Modular Building Systems Made of Innovative Steel Sections and Wall Configurations.* Queensland University of Technology.

Kuntze, R. (2009). *Gypsum Connecting Science and Technology.*

La Boube, R., & Yu, W. (2010). *Cold Formed Steel Design.*

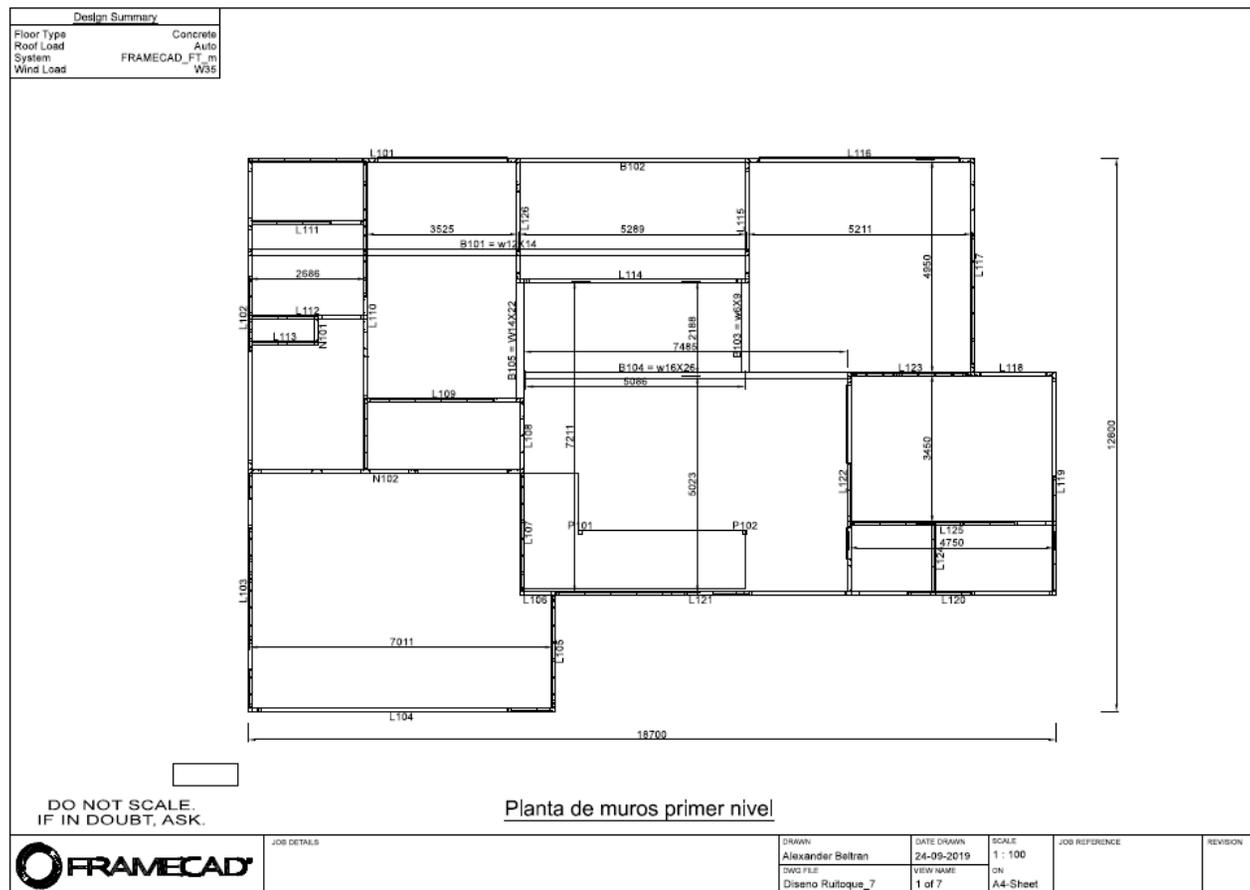
- Lawson , M., Ogden , R., & Bergin , R. (2012). Application of Modular Construction in High Rise Buildings. . *Journal of Architectural Engineering ASCE*.
- Lee, Y., Tan, C., Mohammad , S., Tahir, M., & She. (2014). Review on Cold Formed Steel Connections . *The Scientific World Journal*.
- Mitek Industries. (2019). *Cold Formed Steel Construction, Product Guide*.
- National Association of Steel Framed Housing NASH. (2009). *Design of Residential and Low-rise Steel Framing handbook*.
- National Gypsum. (2015). *The Sound Book. Acoustical Assembly Guide*. .
- Perkins, M. (2009). *The Utilization of Light Gauge Steel in Residential Construction on the State of Utah*. .
- Phan, L., McAlliste, T., & Gross, J. (2009). National Institute of Standards and Technology NIST. NISTIR 7563. . *Best Practice Guidelines for Structural Fire Resistance Design of Concrete and Steel Buildings*.
- Sarmanho, A., & Moraes , R. (2007). Asociación Latinoamericana del Acero Alacero. *Steel Framing Arquitectura*.
- Schafer, B. J. (2006). Designing Cold Formed Steel Using the Direct Strength Method. . *18th International Specialty Conference on Cold Formed Steel structures*.
- Smith, R. (2011). *Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction: John Wiley & Sons*.
- Steel Framing Alliance. (2007). *A Builder's Guide to Steel Frame Construction*.
- The Engineered Wood Association APA. (1997). *Plywood Design Specification*.
- U. S. Department of Housing and Urban Development. (2002). *Partnership For Advancing Technology in Housing. Residential Steel Framing. Fire and Acoustic Details*.

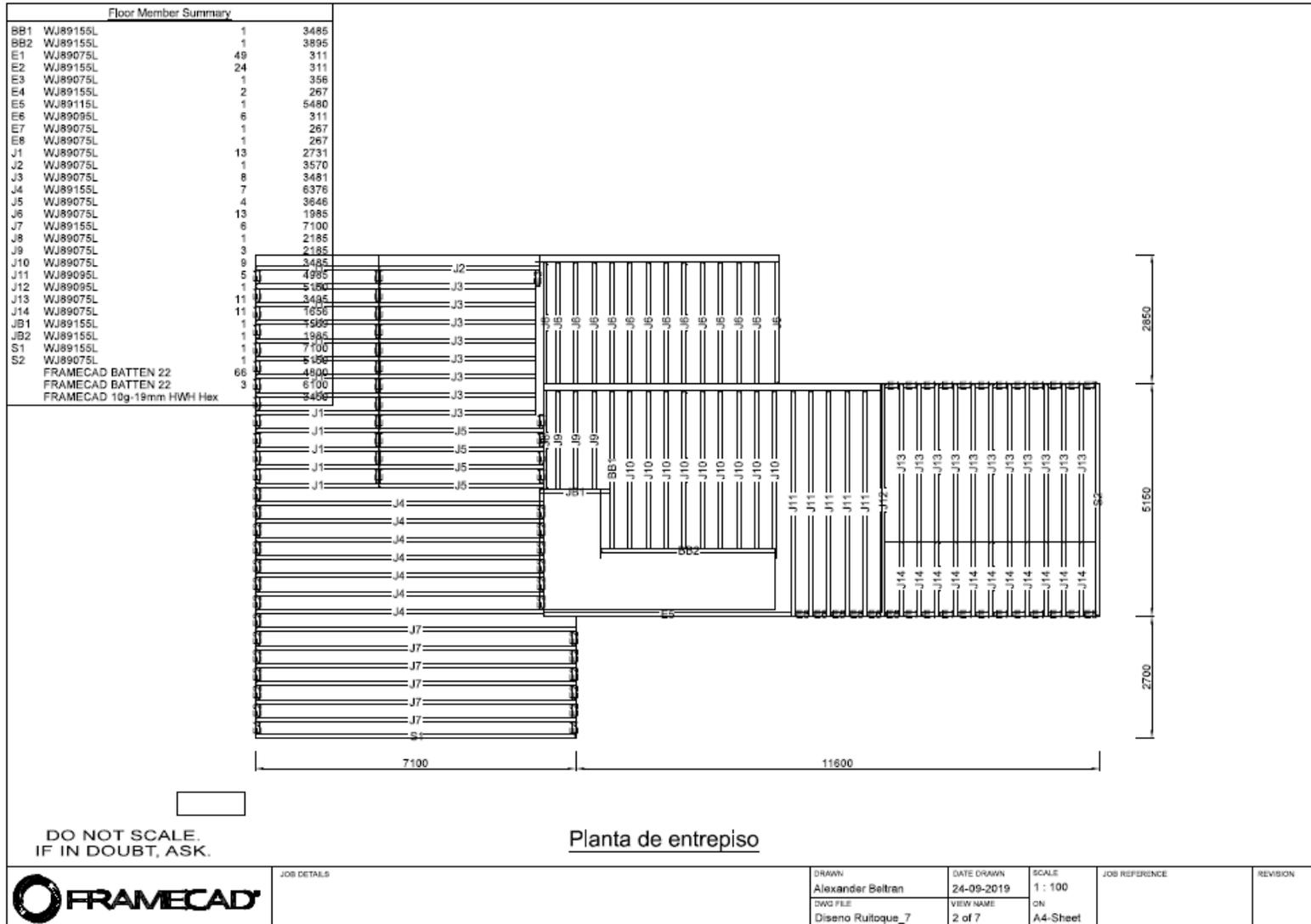
Vieira Jr, C., & Schafer, B. (2012). Lateral stiffness and strength of sheathing braced cold-formed steel stud walls. . *Engineering Structures*.

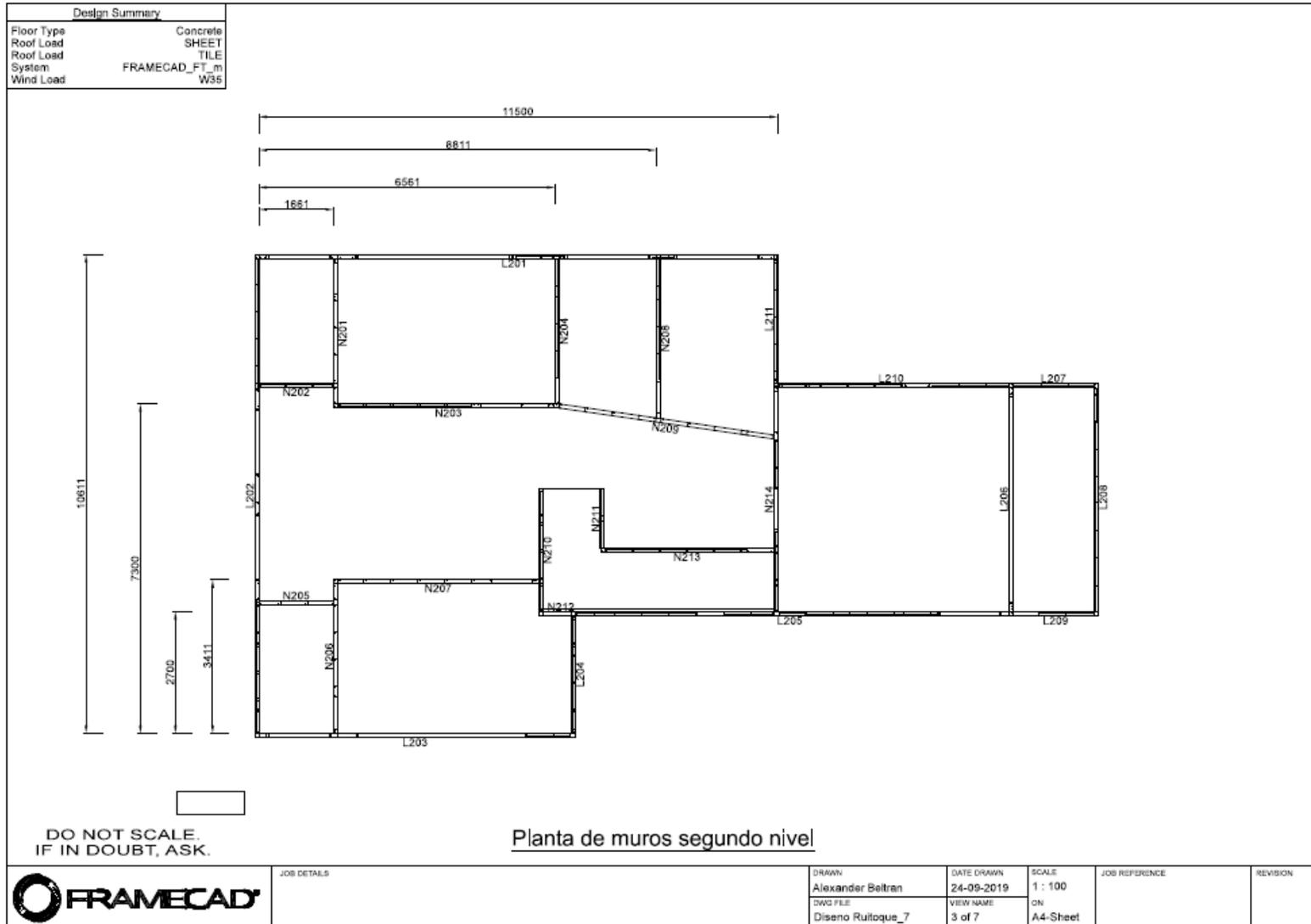
Winter, G., & Uribe, J. (1969). *Cold Forming Effects in Thin-Walled Steel Structures*.

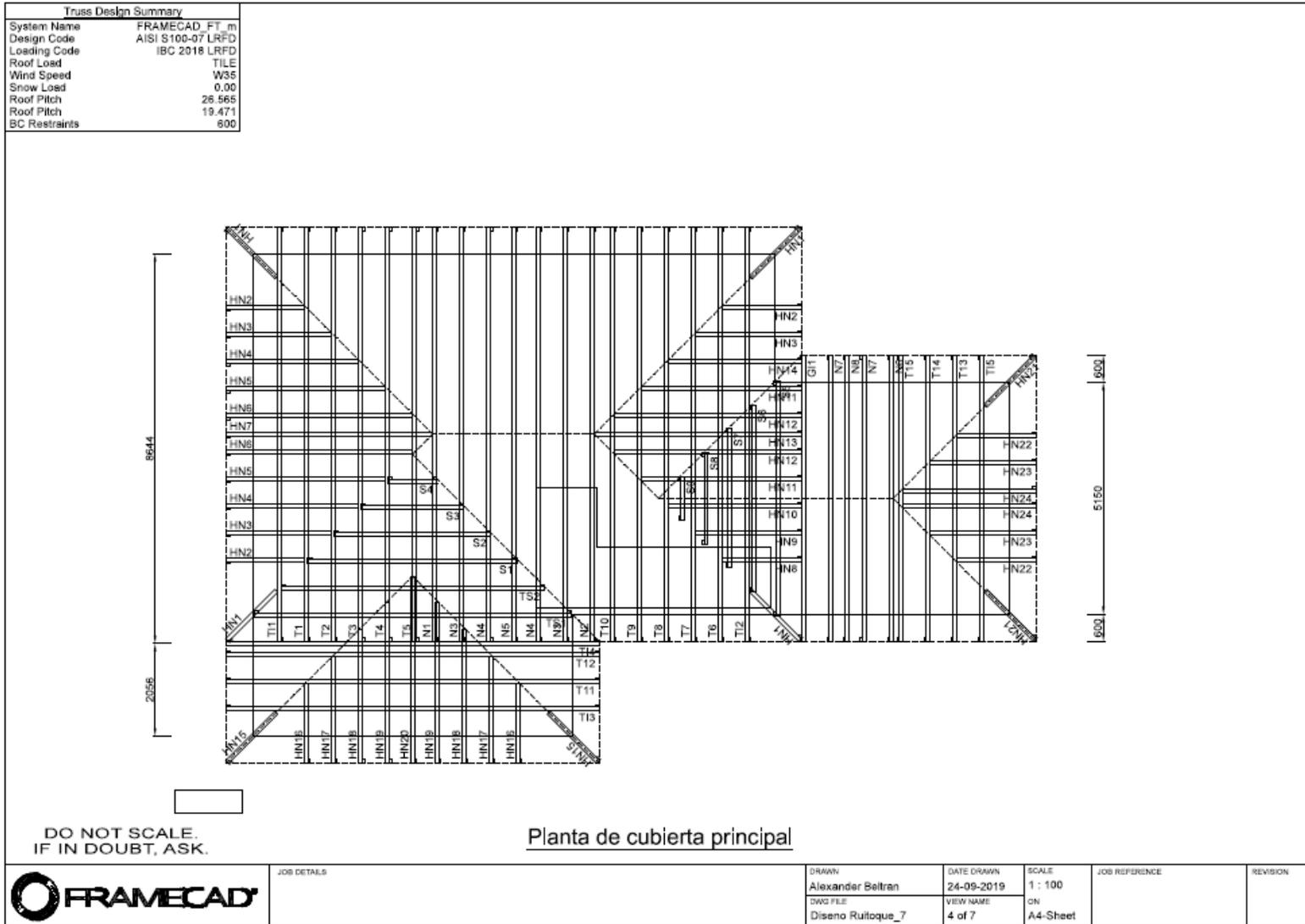
### Apéndices

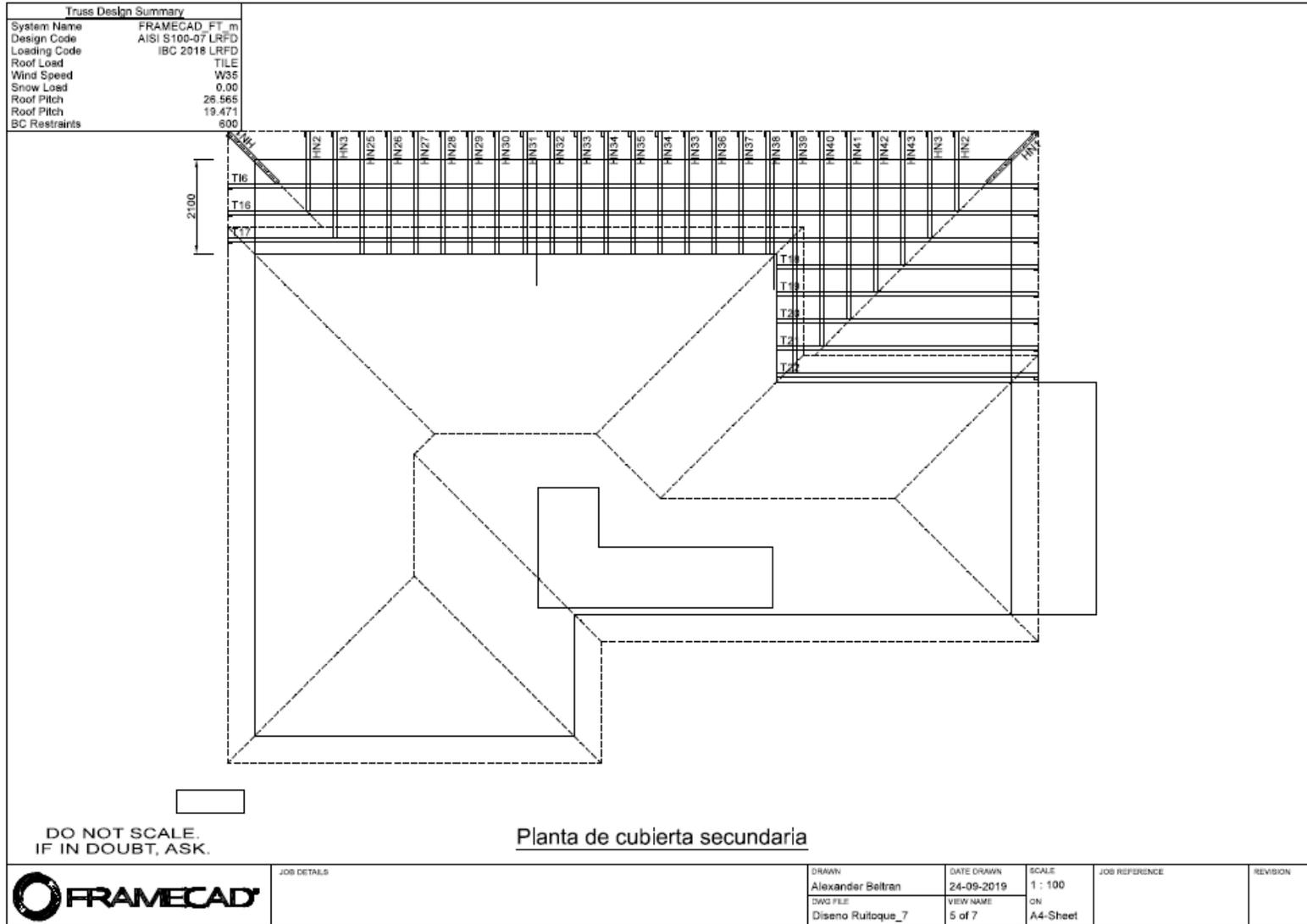
#### Apéndice A. Planos de Diseño de edificación de dos niveles en acero laminado en frío y verificaciones manuales.











63.5x1.15 G350 Strap 10g-10	4 4041mm	89S41-115-350	7 1045mm	89S41-115-350	1 143mm	89S41-115-350	1 212mm
89S41-115-350	1 2987mm	89S41-115-350	2 3076mm	89S41-115-350	16 3095mm	89S41-115-350	2 3118mm
89S41-115-350	1 594mm	89S41-115-350	1 595mm	89S41-115-350	1 6205mm	89S41-115-350	2 6211mm
89S41-115-350	2 623mm	89S41-115-350	8 634mm	89S41-115-350	7 994mm		
Assembly Weight	199kg	Working Sheet: Panel.1		FRAMECAD 10g-19mm HWH Hex	34	FRAMECAD 10g-19mm XDrive	378

Powered by FRAMECAD Structure © Diagonal = 6942

**CAUTION! 199kg**

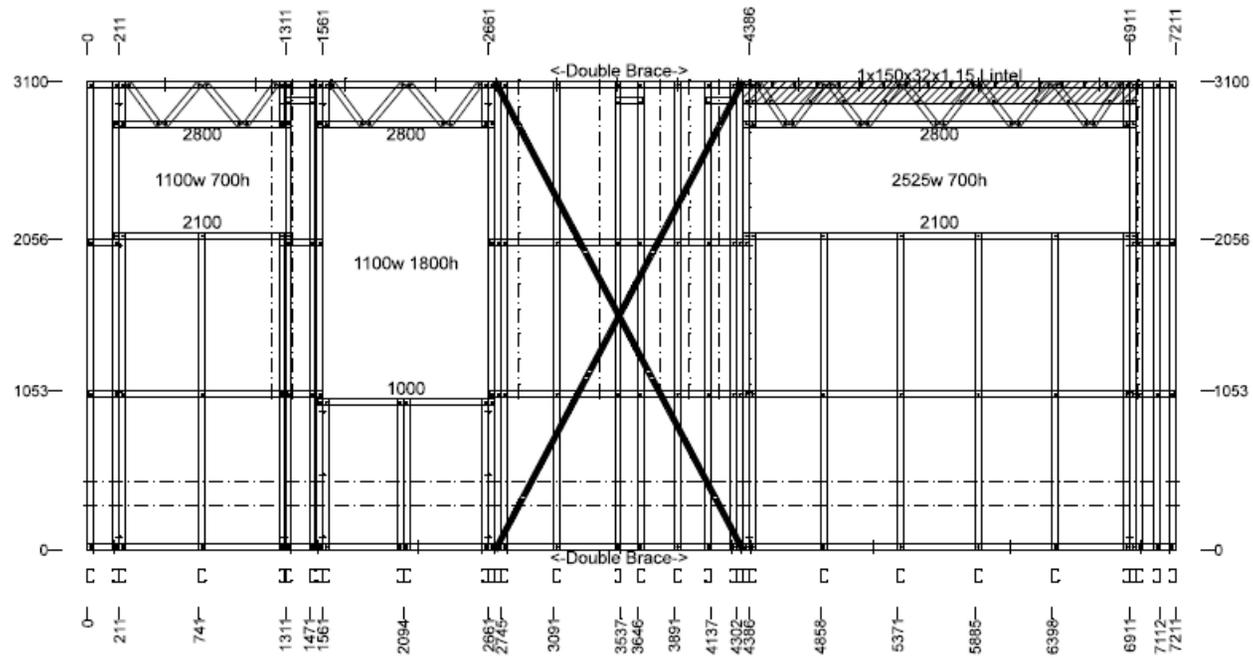
Quantity Required = 1 Mark as L101 Header Status = Passed Stud Status = Passed Joins L102 >>>

System Name:	FRAMECAD_FT_m	Wall Type:	Load Bearing	Design Wind Speed:	W35	Design Code:	AISI S100-07 LRFD	Loading Code:	IBC 2018 LRFD
Panel RL:	0	Envelope:	3100h x 6211w	Direction:	E-W				

FRAMECAD	Dwg Diseno Ruitoque_7	View 1 of 29	Client :	J/No.
----------	-----------------------	--------------	----------	-------

150x32x1.15 Lintel	1 2611mm	63.5x1.15 G350 Strap 10g-10	4 3508mm	89S41-115-350	4 1176mm	89S41-115-350	1 1555mm
89S41-115-350	1 1719mm	89S41-115-350	1 185mm	89S41-115-350	1 195mm	89S41-115-350	1 200mm
89S41-115-350	1 205mm	89S41-115-350	9 2095mm	89S41-115-350	1 244mm	89S41-115-350	2 2601mm
89S41-115-350	1 294mm	89S41-115-350	6 295mm	89S41-115-350	20 3095mm	89S41-115-350	2 334mm
89S41-115-350	4 344mm	89S41-115-350	8 349mm	89S41-115-350	4 361mm	89S41-115-350	1 4544mm
89S41-115-350	2 7211mm	89S41-115-350	4 995mm				
Assembly Weight	239kg	Working Sheet: Panel.1		FRAMECAD 10g-16mm Flathead	50	FRAMECAD 10g-19mm XDrive	518

Powered by FRAMECAD Structure © Diagonal = 7850



**CAUTION! 239kg**

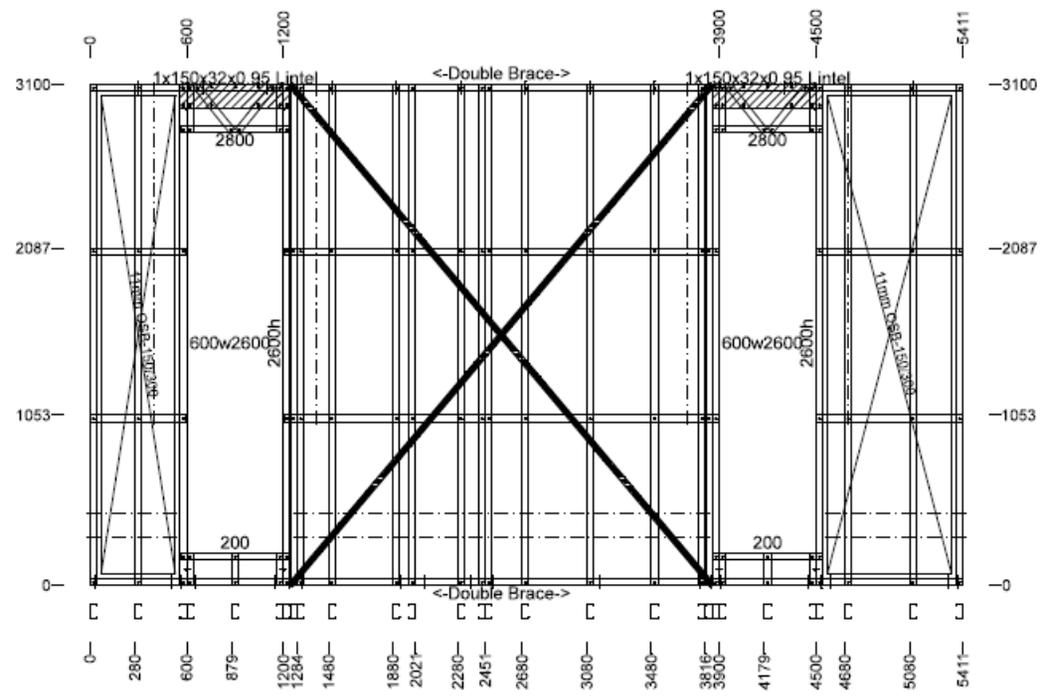
<<< Joins L101 **Quantity Required = 1 Mark as L102 Header Status = Passed Stud Status = Passed** Joins N102 >>>

System Name:	FRAMECAD_FT_m	Wall Type:	Load Bearing	Design Wind Speed:	W35	Design Code:	AISI S100-07 LRFD	Loading Code:	IBC 2018 LRFD
Panel RL:	0	Envelope:	3101h x 7211w	Direction:	N-S				

FRAMECAD Dwg Diseno Ruitoque\_7 View 2 of 29 Client : J/No.

150x32x0.95 Lintel	2	686mm	63.5x1.15 G350 Strap 10g-10	4	4056mm	89S41-115-350	6	195mm	89S41-115-350	2	2694mm
89S41-115-350	4	295mm	89S41-115-350	22	3095mm	89S41-115-350	4	355mm	89S41-115-350	2	5411mm
89S41-115-350	2	594mm	89S41-115-350	4	676mm	89S41-115-350	2	905mm			
Assembly Weight	180kg		Working Sheet: Panel.1	FRAMECAD 10g-16mm Flathead		32	FRAMECAD 10g-19mm XDrive		400		

Powered by FRAMECAD Structure ® Diagonal = 6237



**CAUTION! 180kg**

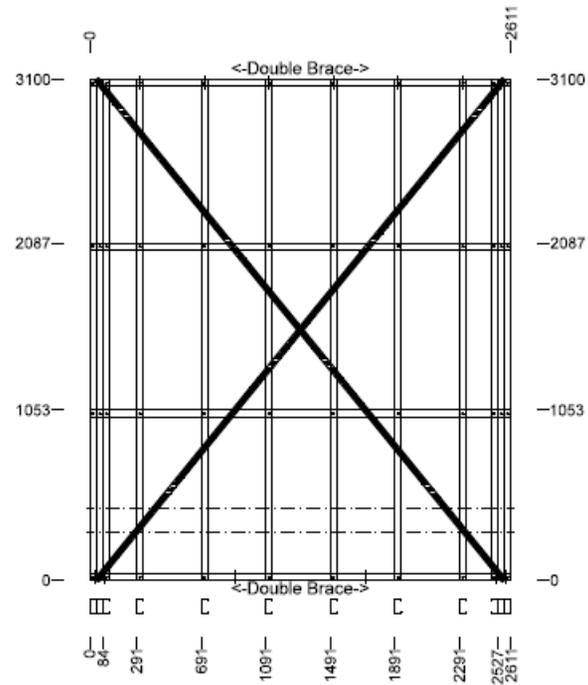
<<< Joins N102 Quantity Required = 1 Mark as L103 Header Status = Passed Stud Status = Passed Joins L104 >>>

System Name:	FRAMECAD_FT_m	Wall Type:	Load Bearing	Design Wind Speed:	W35	Design Code:	AISI S100-07 LRFD	Loading Code:	IBC 2018 LRFD
Panel RL:	0	Envelope:	3101h x 5411w	Direction:	N-S				

FRAMECAD	Dwg Diseno Ruitoque_7	View 3 of 29	Client :	J/No.
----------	-----------------------	--------------	----------	-------

63.5x1.15 G350 Strap 10g-10	4 3999mm	89S41-115-350	2 2605mm	89S41-115-350	2 2611mm	89S41-115-350	12 3095mm
Assembly Weight	95kg	Working Sheet: Panel.1		FRAMECAD 10g-19mm XDrive	208		

Powered by FRAMECAD Structure © Diagonal = 4053



**CAUTION! 95kg**

Quantity Required = 1 Mark as L105 Stud Status = Passed

<<< Joins L104 Joins L106 >>>

System Name:	FRAMECAD_FT_m	Wall Type:	Load Bearing	Design Wind Speed:	W35	Design Code:	AISI S100-07 LRFD	Loading Code:	IBC 2018 LRFD
Panel RL:	0	Envelope:	3100h x 2611w	Direction:	S-N				

FRAMECAD	Dwg Diseno Ruitoque_7	View 5 of 29	Client :	J/No.
----------	-----------------------	--------------	----------	-------

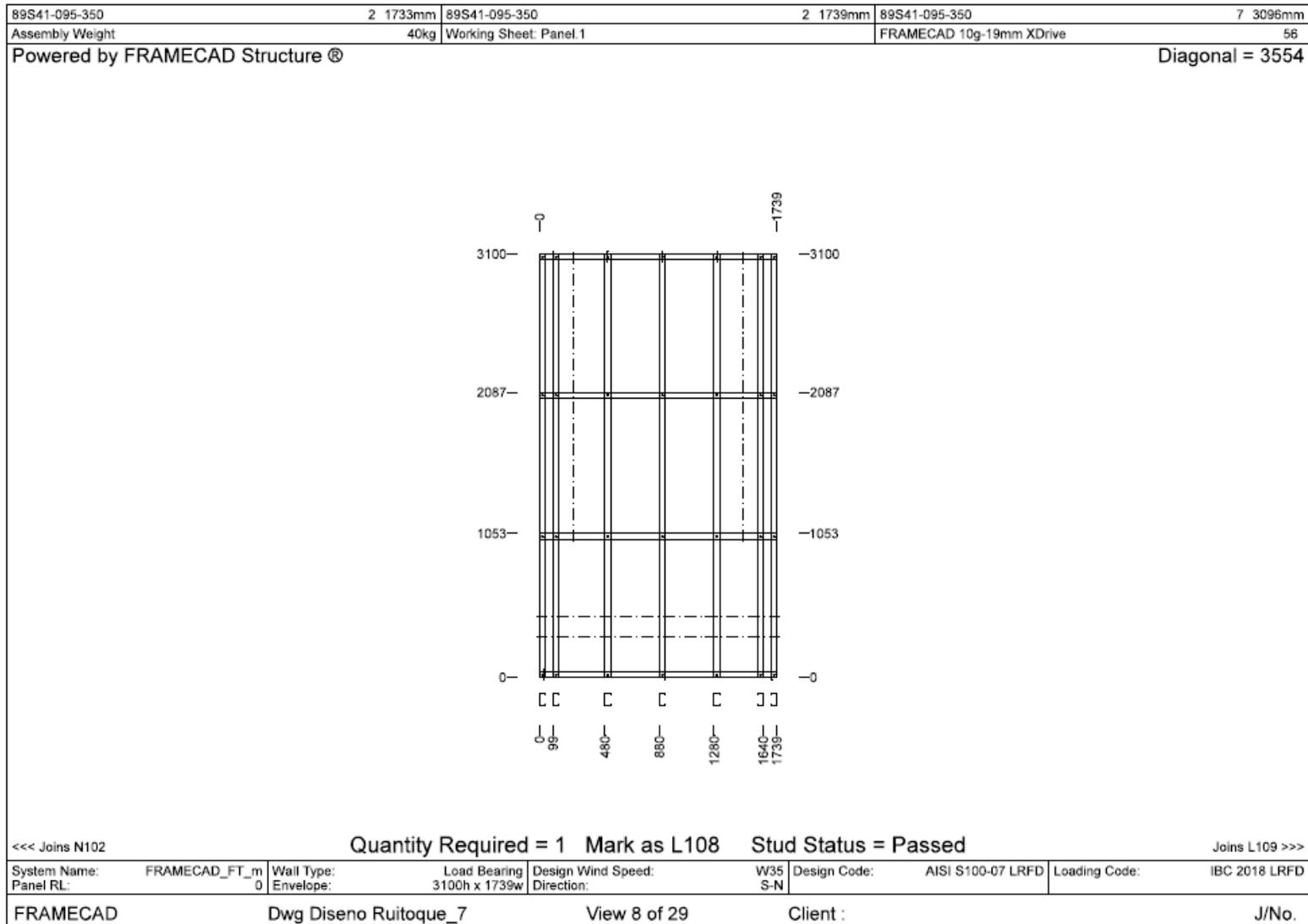
63.5x1.15 G350 Strap 10g-10	4 4118mm	89S41-095-350	2 2705mm	89S41-095-350	2 2711mm	89S41-095-350	8 3096mm
Assembly Weight	60kg	Working Sheet: Panel.1		FRAMECAD 10g-19mm XDrive	160		

Powered by FRAMECAD Structure © Diagonal = 4118

Quantity Required = 1   Mark as L107   Stud Status = Passed Joins N102 >>>

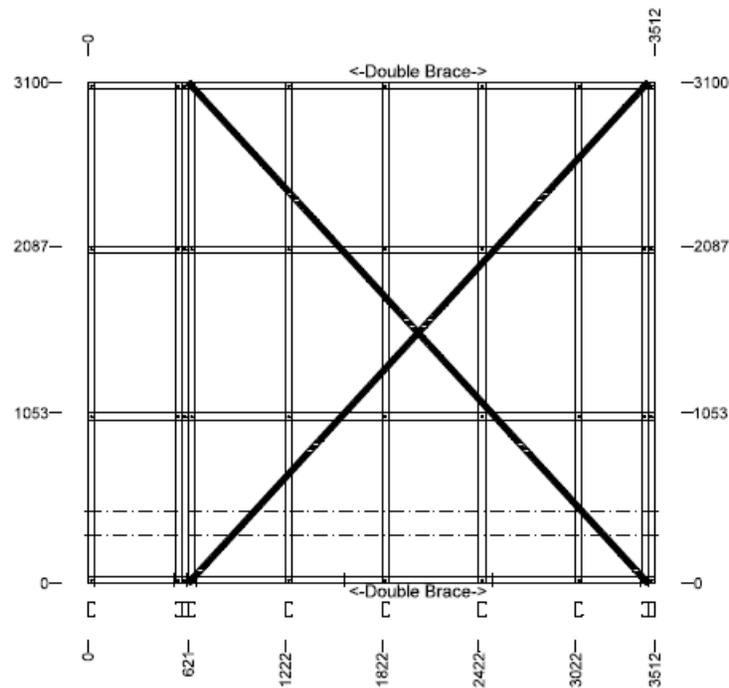
System Name:	FRAMECAD_FT_m	Wall Type:	Load Bearing	Design Wind Speed:	W35	Design Code:	AISI S100-07 LRFD	Loading Code:	IBC 2018 LRFD
Panel RL:	0	Envelope:	3100h x 2711w	Direction:	S-N				

FRAMECAD	Dwg Diseno Ruitoque_7	View 7 of 29	Client :	J/No.
----------	-----------------------	--------------	----------	-------



63.5x1.15 G350 Strap 10g-10	4 4210mm	89S41-095-350	10 3096mm	89S41-095-350	2 3506mm	89S41-095-350	2 3512mm
Assembly Weight	73kg	Working Sheet: Panel.1		FRAMECAD 10g-19mm XDrive	160		

Powered by FRAMECAD Structure © Diagonal = 4684



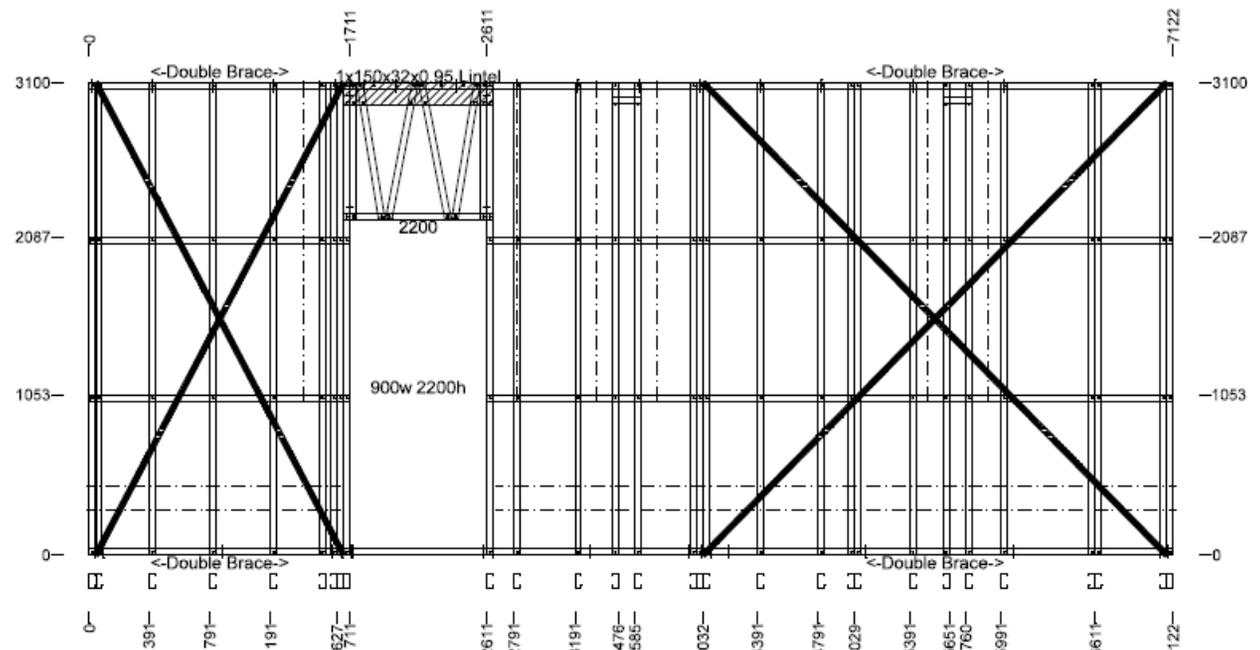
<<< Joins L108 Quantity Required = 1 Mark as L109 Stud Status = Passed Joins L110 >>>

System Name:	FRAMECAD_FT_m	Wall Type:	Load Bearing	Design Wind Speed:	W35	Design Code:	AISI S100-07 LRFD	Loading Code:	IBC 2018 LRFD
Panel RL:	0	Envelope:	3100h x 3512w	Direction:	E-W				

FRAMECAD	Dwg Diseno Ruitoque_7	View 9 of 29	Client :	J/No.
----------	-----------------------	--------------	----------	-------

150x32x0.95 Lintel	1	986mm	63.5x1.15 G350 Strap 10g-10	4	3501mm	63.5x1.15 G350 Strap 10g-10	4	4347mm	89S41-095-350	2	1705mm		
89S41-095-350	2	185mm	89S41-095-350	29	3096mm	89S41-095-350	2	4505mm	89S41-095-350	2	7122mm		
89S41-095-350	2	893mm	89S41-095-350	2	895mm	89S41-095-350	2	898mm	89S41-095-350	1	976mm		
Assembly Weight	193kg			Working Sheet: Panel.1			FRAMECAD 10g-16mm Flathead			22		FRAMECAD 10g-19mm XDrive	492

Powered by FRAMECAD Structure ® Diagonal = 7767



**CAUTION! 193kg**

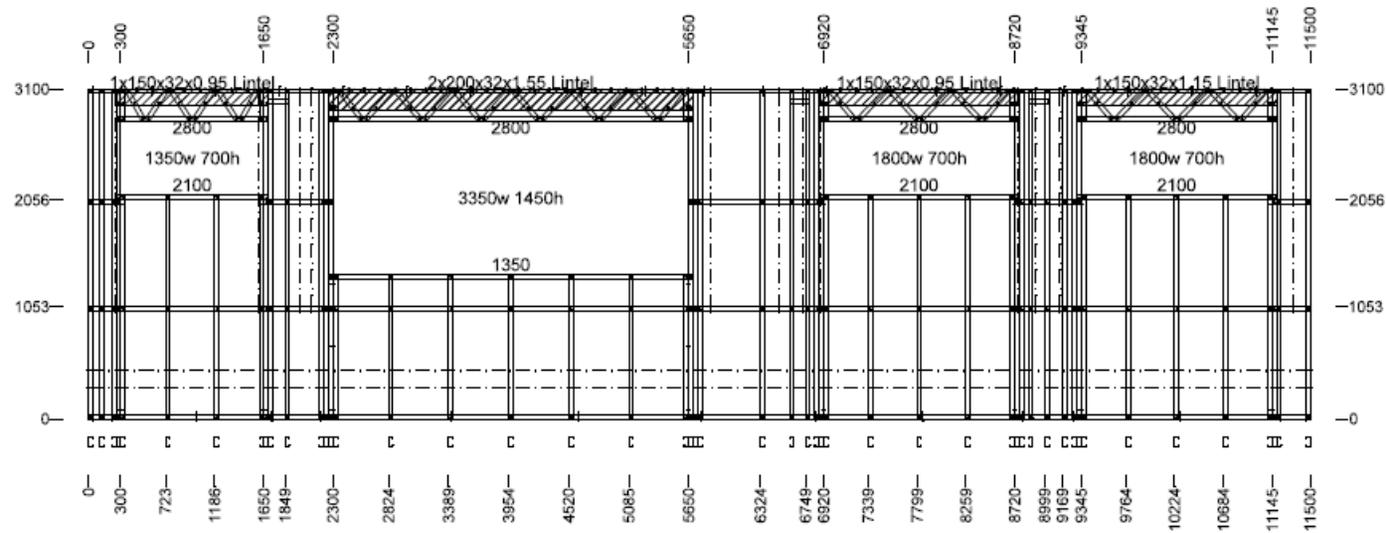
<<< Joins N102 Quantity Required = 1 Mark as L110 Header Status = Passed Stud Status = Passed Joins L101 >>>

System Name: FRAMECAD_FT_m	Wall Type: 0	Load Bearing: 3100h x 7122w	Design Wind Speed: Direction:	W35 S-N	Design Code: AISI S100-07 LRFD	Loading Code: IBC 2018 LRFD
----------------------------	--------------	-----------------------------	-------------------------------	---------	--------------------------------	-----------------------------

150x32x0.95 Lintel	1	1435mm	150x32x0.95 Lintel	1	1884mm	150x32x1.15 Lintel	1	1884mm	200x32x1.55 Lintel	2	3437mm	89S41-095-350	1	11494mm
89S41-095-350	2	11500mm	89S41-095-350	1	1264mm	89S41-095-350	7	1345mm	89S41-095-350	2	1426mm	89S41-095-350	2	185mm
89S41-095-350	4	1876mm	89S41-095-350	1	192mm	89S41-095-350	14	2095mm	89S41-095-350	1	294mm	89S41-095-350	8	295mm
89S41-095-350	28	3096mm	89S41-095-350	2	318mm	89S41-095-350	4	332mm	89S41-095-350	2	3426mm	89S41-095-350	1	350mm
89S41-095-350	2	350mm	89S41-095-350	4	361mm	89S41-095-350	10	367mm	89S41-095-350	8	379mm	89S41-095-350	1	619mm
89S41-095-350	1	644mm												

Assembly Weight 299kg Working Sheet: Panel.2 FRAMECAD 10g-16mm Flathead 230 FRAMECAD 10g-19mm XDrive 610

Powered by FRAMECAD Structure © Diagonal = 11911



**CAUTION! 299kg**

<<< Joins L202 Quantity Required = 1 Mark as L201 Header Status = Passed Stud Status = Passed Joins L211 >>>

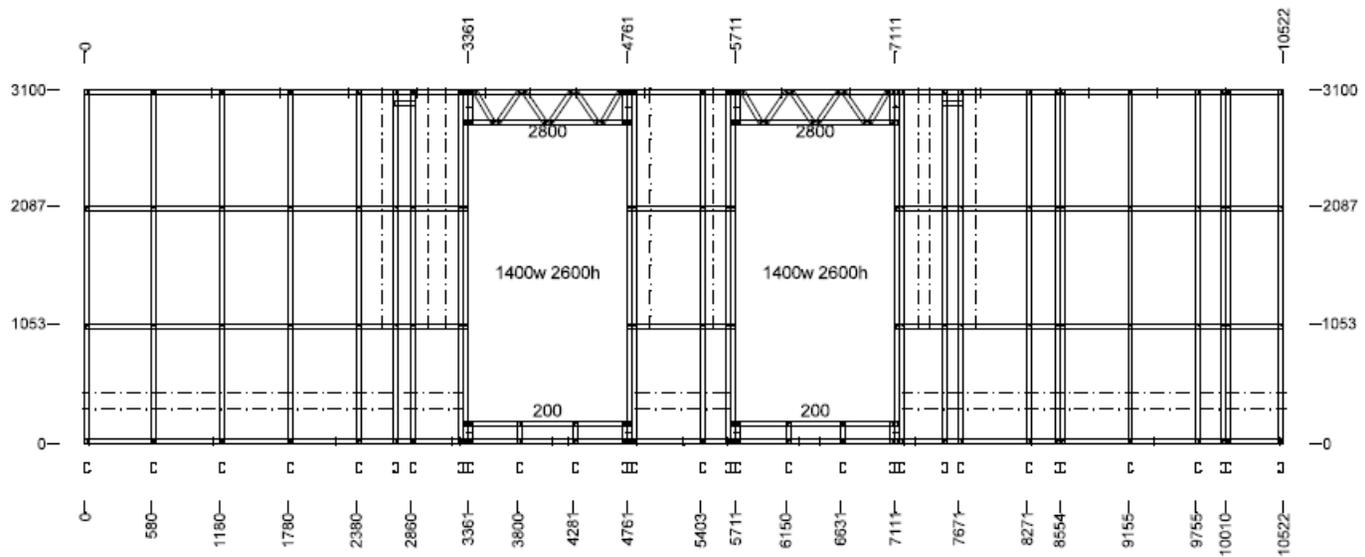
System Name:	FRAMECAD_FT_m	Wall Type:	Load Bearing	Design Wind Speed:	W35	Design Code:	AISI S100-07 LRFD	Loading Code:	IBC 2018 LRFD
Panel RL:	3550	Envelope:	3102h x 11500w	Direction:	W-E				

FRAMECAD Dwg Diseno Ruitoque\_7 View 1 of 25 Client : J/No.

89S41-095-350	2	10522mm	89S41-095-350	4	1476mm	89S41-095-350	2	185mm	89S41-095-350	8	195mm	89S41-095-350	4	295mm
89S41-095-350	26	3096mm	89S41-095-350	4	323mm	89S41-095-350	2	3355mm	89S41-095-350	8	337mm	89S41-095-350	2	3405mm
89S41-095-350	2	944mm												

Assembly Weight 182kg Working Sheet: Panel.2 FRAMECAD 10g-19mm XDrive 344

Powered by FRAMECAD Structure ® Diagonal = 10969



**CAUTION! 182kg**

<<< Joins L201 Quantity Required = 1 Mark as L202 Header Status = Passed Stud Status = Passed Joins L203 >>>

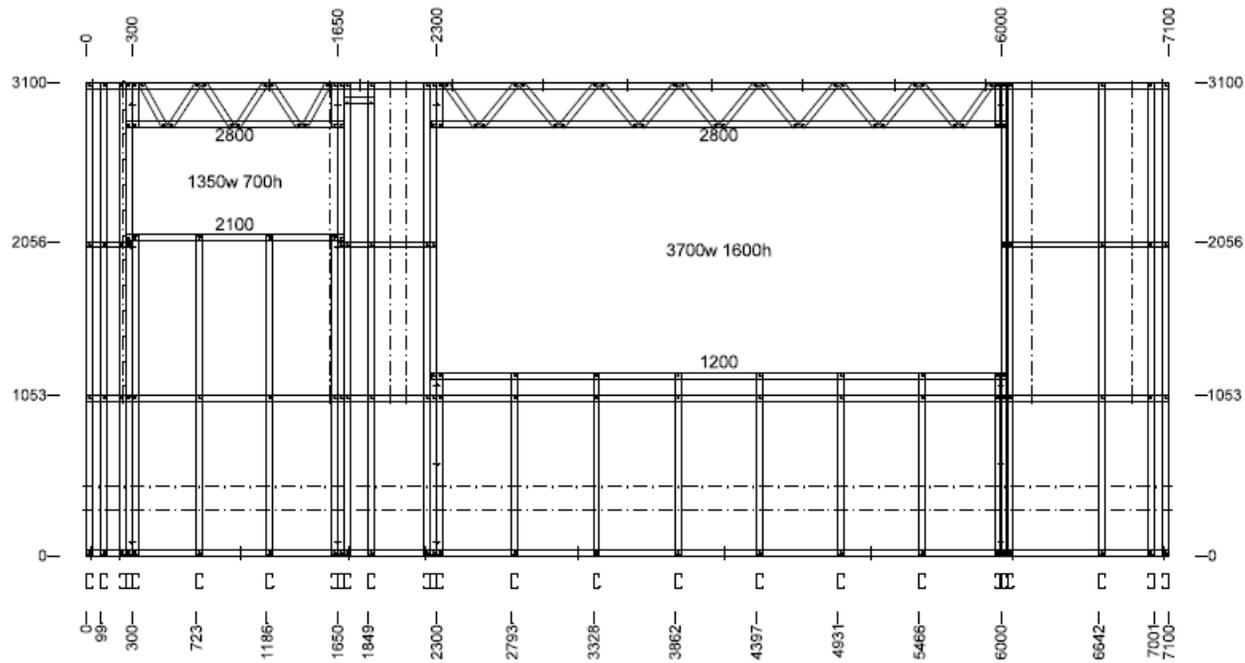
System Name:	FRAMECAD_FT_m	Wall Type:	Load Bearing	Design Wind Speed:	W35	Design Code:	AISI S100-07 LRFD	Loading Code:	IBC 2018 LRFD
Panel RL:	3550	Envelope:	3100h x 10522w	Direction:	S-N				

FRAMECAD Dwg Diseno Ruitoque\_7 View 2 of 25 Client : J/No.

89S41-095-350	1	1094mm	89S41-095-350	8	1195mm	89S41-095-350	2	1426mm	89S41-095-350	1	192mm	89S41-095-350	4	2095mm
89S41-095-350	1	294mm	89S41-095-350	4	295mm	89S41-095-350	14	3096mm	89S41-095-350	2	318mm	89S41-095-350	4	332mm
89S41-095-350	2	341mm	89S41-095-350	12	357mm	89S41-095-350	2	3776mm	89S41-095-350	1	644mm	89S41-095-350	1	7094mm
89S41-095-350	2	7100mm												

Assembly Weight 145kg Working Sheet: Panel 2 FRAMECAD 10g-19mm XDrive 332

Powered by FRAMECAD Structure ® Diagonal = 7748

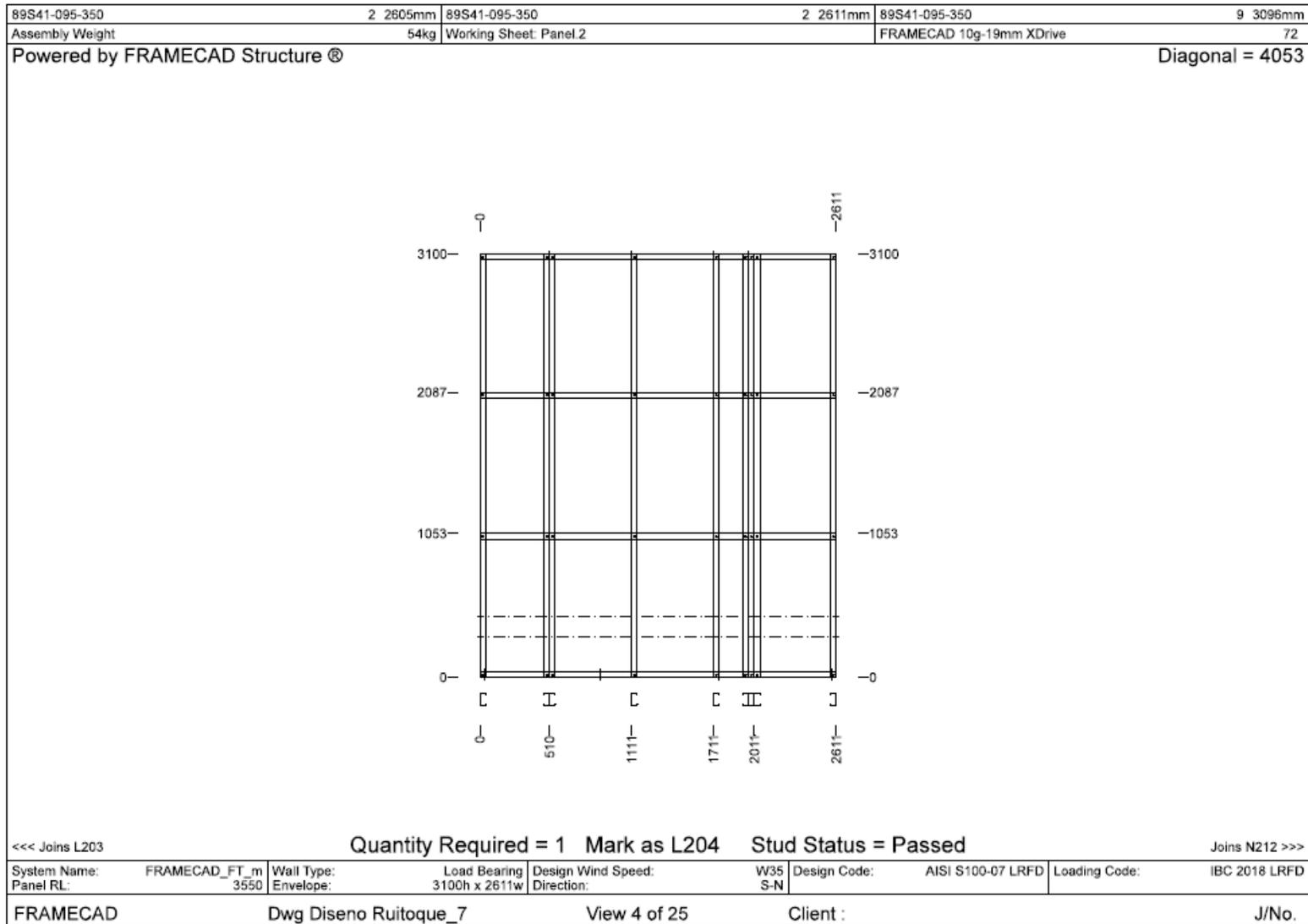


**CAUTION! 145kg**

<<< Joins L202 Quantity Required = 1 Mark as L203 Header Status = Passed Stud Status = Passed Joins L204 >>>

System Name:	FRAMECAD_FT_m	Wall Type:	Load Bearing	Design Wind Speed:	W35	Design Code:	AISI S100-07 LRFD	Loading Code:	IBC 2018 LRFD
Panel RL:	3550	Envelope:	3101h x 7100w	Direction:	W-E				

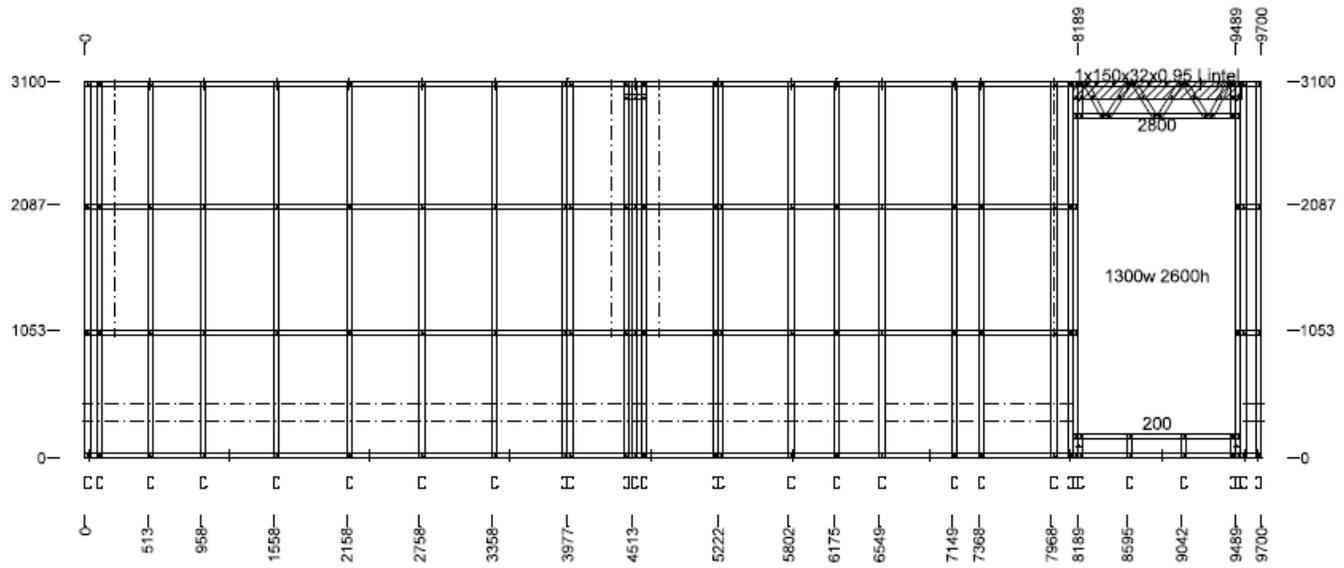
FRAMECAD Dwg Diseno Ruitoque\_7 View 3 of 25 Client : J/No.



150x32x0.95 Lintel	1 1385mm	89S41-095-350	2 1376mm	89S41-095-350	1 185mm	89S41-095-350	4 195mm	89S41-095-350	2 205mm
89S41-095-350	2 295mm	89S41-095-350	26 3096mm	89S41-095-350	2 315mm	89S41-095-350	4 328mm	89S41-095-350	2 8183mm
89S41-095-350	2 9700mm								

Assembly Weight 174kg Working Sheet: Panel.2 FRAMECAD 10g-16mm Flathead 30 FRAMECAD 10g-19mm XDrive 278

Powered by FRAMECAD Structure ® Diagonal = 10183



**CAUTION! 174kg**

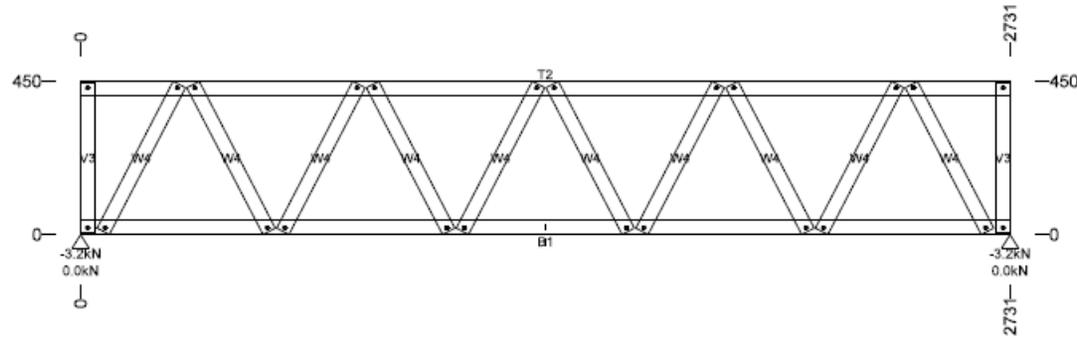
<<< Joins N212 Quantity Required = 1 Mark as L205 Header Status = Passed Stud Status = Passed Joins L206 >>>

System Name:	FRAMECAD_FT_m	Wall Type:	Load Bearing	Design Wind Speed:	W35	Design Code:	AISI S100-07 LRFD	Loading Code:	IBC 2018 LRFD
Panel RL:	3550	Envelope:	3100h x 9700w	Direction:	W-E				

FRAMECAD Dwg Diseno Ruitoque\_7 View 5 of 25 Client : J/No.

B1 89S41-075-350	13 2731mm	T2 89S41-075-350	13 2731mm	V3 89S41-075-350	26 443mm	W4 89S41-075-350	130 485mm
Assembly Weight		13kg	Working Sheet: Floor.1		FRAMECAD 10g-16mm Flathead		624
					FRAMECAD 10g-19mm XDrive		624

Powered by FRAMECAD Structure ® Minimum number of fasteners required is 4 per joint

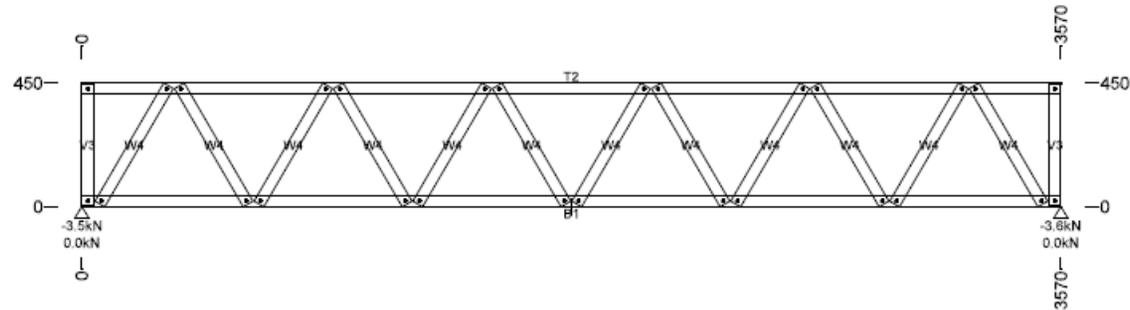


Beam Type WJ89075L Mark as J1 Quantity Required = 13 Engineering Status = Passed

System Name:	FRAMECAD_FT_m	Joist Spacing:	400	Design Code:	AISI S100-07 LRFD	Loading Code:	IBC 2018 LRFD
Top Chord Restraints:	300	Design Dead Load (kPa):	1.20	Design Live Load (kPa):	2.00	Design Ceiling Load (kPa):	0.14
Design Snow Load (kPa):	0.00	Design Point Load (kN):	1.8	Envelope:	450h x 2731w		
FRAMECAD	Dwg Diseno Ruitoque_7	View 14 of 27	Client :			J/No.	

B1 89S41-075-350	1 3570mm	T2 89S41-075-350	1 3570mm	V3 89S41-075-350	2 443mm	W4 89S41-075-350	12 497mm
Assembly Weight 16kg		Working Sheet: Floor.1		FRAMECAD 10g-16mm Flathead 56		FRAMECAD 10g-19mm XDrive 56	

Powered by FRAMECAD Structure ® Minimum number of fasteners required is 4 per joint



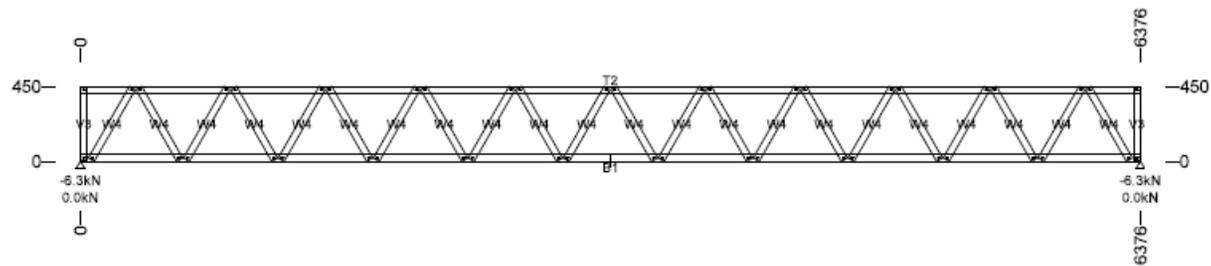
Beam Type WJ89075L Mark as J2 Quantity Required = 1 Engineering Status = Passed

System Name: FRAMECAD_FT_m	Joist Spacing: 400	Design Code: AISI S100-07 LRFD	Loading Code: IBC 2018 LRFD
Top Chord Restraints: 300	Design Dead Load (kPa): 1.20	Design Live Load (kPa): 2.00	Design Ceiling Load (kPa): 0.14
Design Snow Load (kPa): 0.00	Design Point Load (kN): 1.8	Envelope: 450h x 3570w	

FRAMECAD	Dwg Diseno Ruitoque_7	View 15 of 27	Client :	J/No.
----------	-----------------------	---------------	----------	-------

B1 89S41-155-350	7 6376mm	T2 89S41-155-350	7 6376mm	V3 89S41-155-350	14 443mm	W4 89S41-155-350	154 495mm
Assembly Weight		56kg	Working Sheet: Floor.1		FRAMECAD 10g-16mm Flathead		672
					FRAMECAD 10g-19mm XDrive		672

Powered by FRAMECAD Structure ® Minimum number of fasteners required is 4 per joint

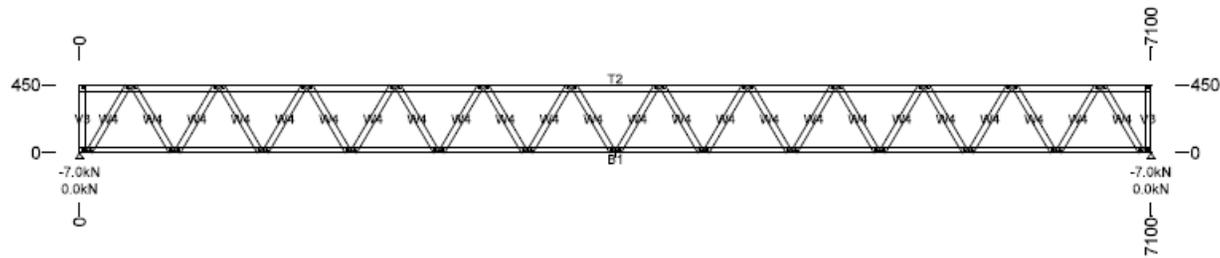


Beam Type WJ89155L Mark as J4 Quantity Required = 7 Engineering Status = Passed

System Name:	FRAMECAD_FT_m	Joist Spacing:	400	Design Code:	AISI S100-07 LRFD	Loading Code:	IBC 2018 LRFD
Top Chord Restraints:	300	Design Dead Load (kPa):	1.20	Design Live Load (kPa):	2.00	Design Ceiling Load (kPa):	0.14
Design Snow Load (kPa):	0.00	Design Point Load (kN):	1.8	Envelope:	450h x 6376w		
FRAMECAD	Dwg Diseno Ruitoque_7	View 17 of 27	Client :			J/No.	

B1 89S41-155-350	6 7100mm	T2 89S41-155-350	6 7100mm	V3 89S41-155-350	12 443mm	W4 89S41-155-350	144 499mm
Assembly Weight		62kg	Working Sheet: Floor.1		FRAMECAD 10g-16mm Flathead		624
				FRAMECAD 10g-19mm XDrive		624	

Powered by FRAMECAD Structure ® Minimum number of fasteners required is 4 per joint

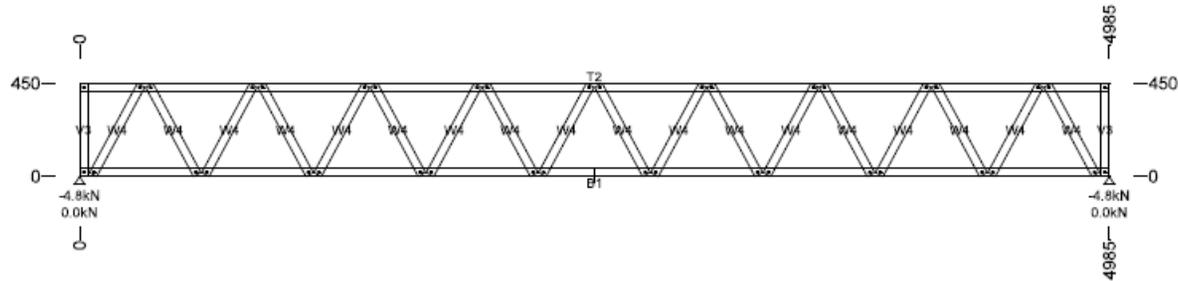


Beam Type WJ89155L Mark as J7 Quantity Required = 6 Engineering Status = Passed

System Name:	FRAMECAD_FT_m	Joist Spacing:	400	Design Code:	AISI S100-07 LRFD	Loading Code:	IBC 2018 LRFD
Top Chord Restraints:	300	Design Dead Load (kPa):	1.20	Design Live Load (kPa):	2.00	Design Ceiling Load (kPa):	0.14
Design Snow Load (kPa):	0.00	Design Point Load (kN):	1.8	Envelope:	450h x 7100w		
FRAMECAD	Dwg Diseno Ruitoque_7	View 20 of 27	Client :	J/No.			

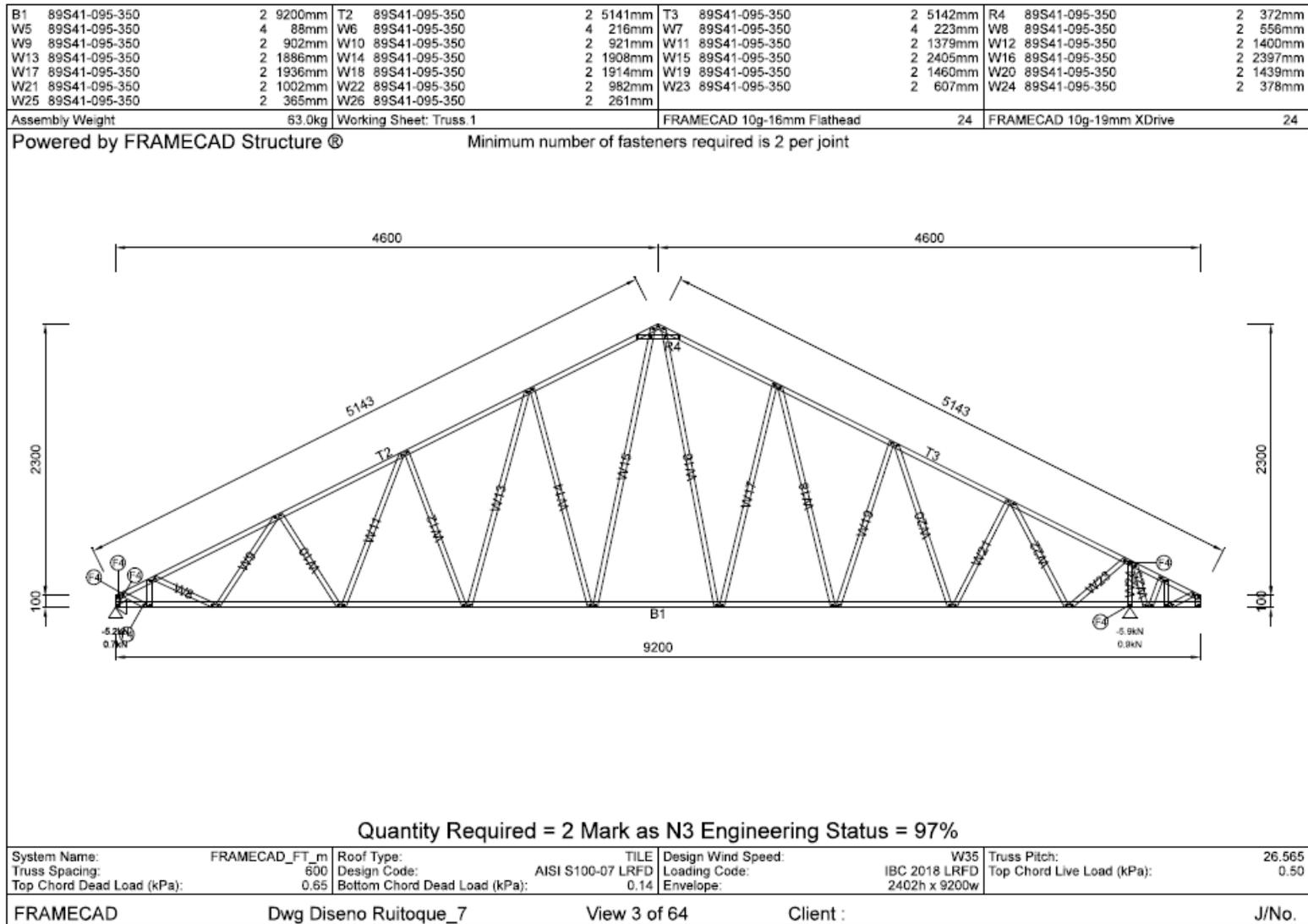
B1 89S41-095-350	5 4985mm	T2 89S41-095-350	5 4985mm	V3 89S41-095-350	10 443mm	W4 89S41-095-350	90 489mm
Assembly Weight		28kg	Working Sheet: Floor.1		FRAMECAD 10g-16mm Flathead		400
					FRAMECAD 10g-19mm XDrive		400

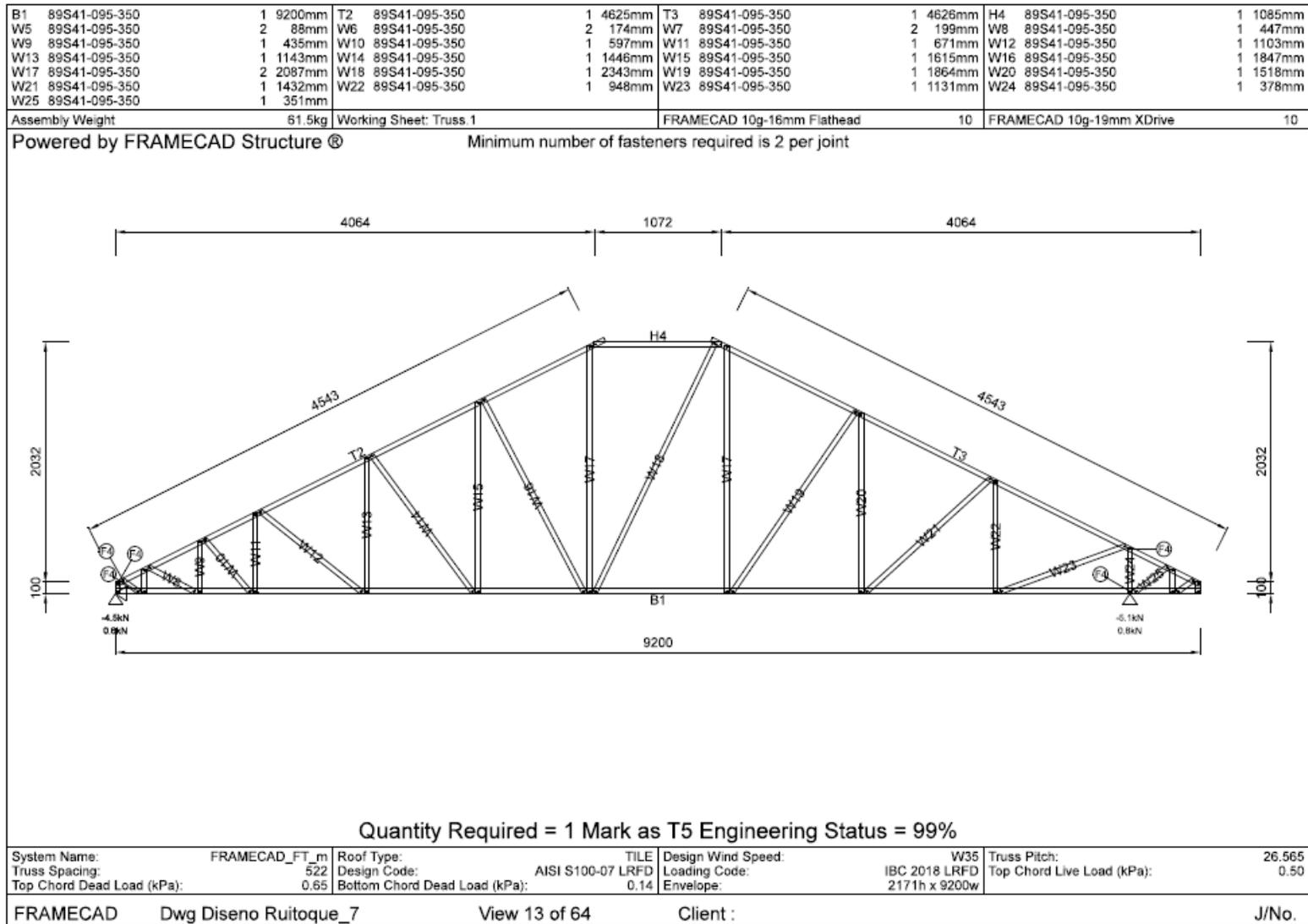
Powered by FRAMECAD Structure ® Minimum number of fasteners required is 4 per joint



Beam Type WJ89095L Mark as J11 Quantity Required = 5 Engineering Status = Passed

System Name:	FRAMECAD_FT_m	Joist Spacing:	400	Design Code:	AISI S100-07 LRFD	Loading Code:	IBC 2018 LRFD
Top Chord Restraints:	300	Design Dead Load (kPa):	1.20	Design Live Load (kPa):	2.00	Design Ceiling Load (kPa):	0.14
Design Snow Load (kPa):	0.00	Design Point Load (kN):	1.8	Envelope:	450h x 4985w		
FRAMECAD	Dwg Diseno Ruitoque_7	View 24 of 27	Client :			J/No.	

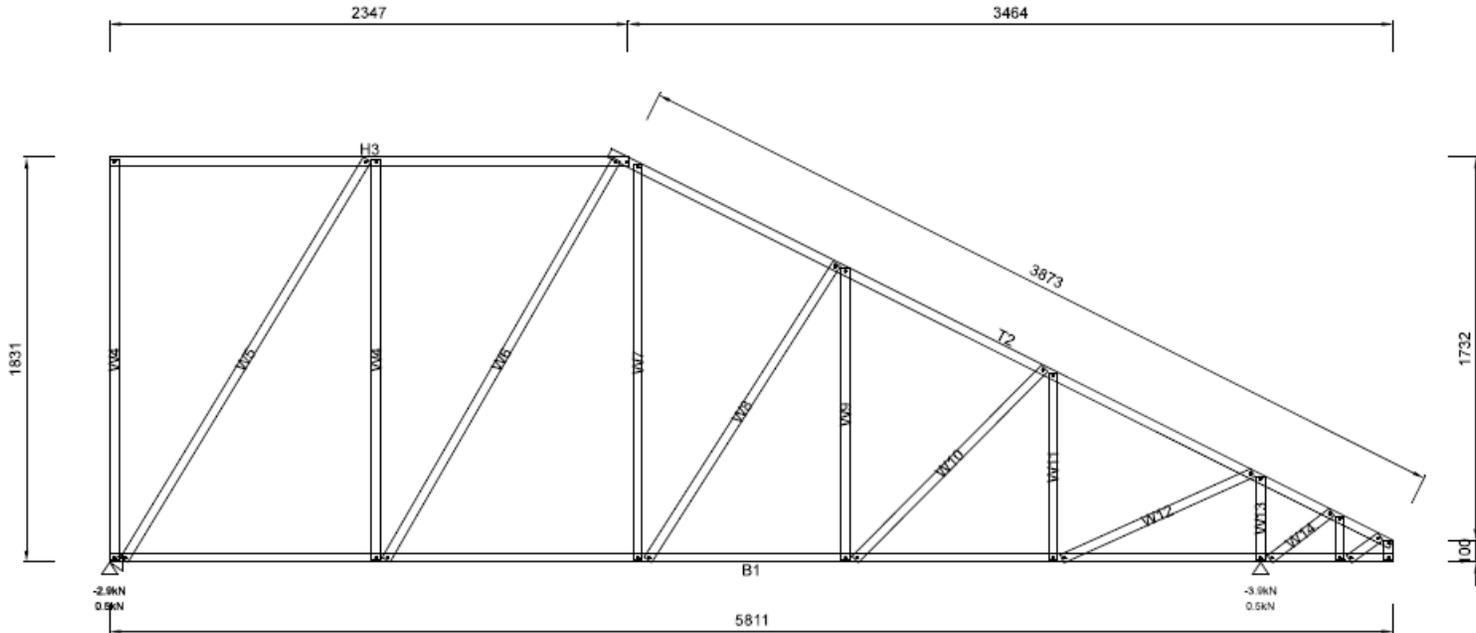




B1	89S41-095-350	1	5811mm	T2	89S41-095-350	1	3956mm	H3	89S41-095-350	1	2353mm	W4	89S41-095-350	2	1812mm
W5	89S41-095-350	1	2117mm	W6	89S41-095-350	1	2089mm	W7	89S41-095-350	1	1787mm	W8	89S41-095-350	1	1587mm
W9	89S41-095-350	1	1318mm	W10	89S41-095-350	1	1218mm	W11	89S41-095-350	1	848mm	W12	89S41-095-350	1	946mm
W13	89S41-095-350	1	378mm	W14	89S41-095-350	1	351mm	W15	89S41-095-350	1	199mm	W16	89S41-095-350	1	174mm
W17	89S41-095-350	1	88mm												

Assembly Weight 40.4kg Working Sheet: Truss.2

Powered by FRAMECAD Structure © Minimum number of fasteners required is 2 per joint



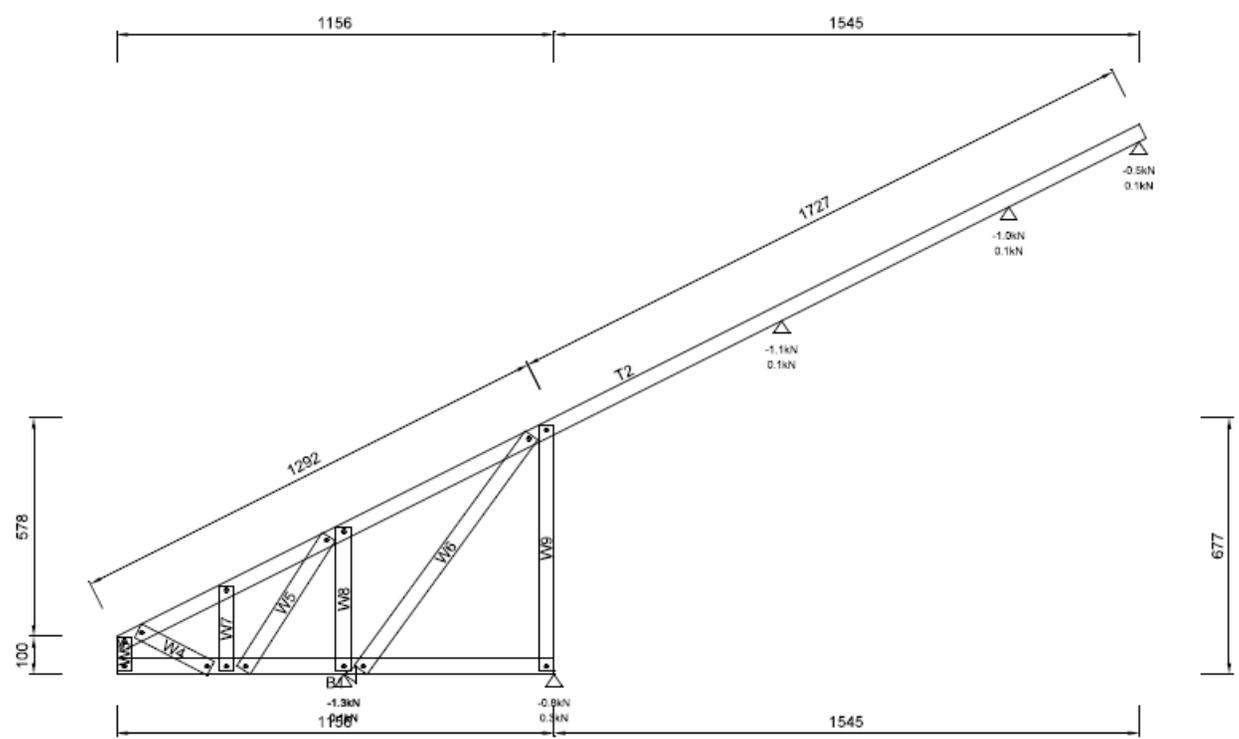
Quantity Required = 1 Mark as T4 Engineering Status = 93%

System Name:	FRAMECAD_FT_m	Roof Type:	TILE	Design Wind Speed:	W35	Truss Pitch:	26.565
Truss Spacing:	600	Design Code:	AISI S100-07 LRFD	Loading Code:	IBC 2018 LRFD	Top Chord Live Load (kPa):	0.50
Top Chord Dead Load (kPa):	0.65	Bottom Chord Dead Load (kPa):	0.14	Envelope:	1871h x 5811w		

FRAMECAD Dwg Diseno Ruitoque\_7 View 4 of 27 Client : J/No.

B1 89S41-095-350	1 1156mm	T2 89S41-095-350	1 3019mm	W3 89S41-095-350	1 88mm	W4 89S41-095-350	1 216mm
W5 89S41-095-350	1 417mm	W6 89S41-095-350	1 765mm	W7 89S41-095-350	1 223mm	W8 89S41-095-350	1 378mm
W9 89S41-095-350	1 646mm						
Assembly Weight	9.7kg	Working Sheet: Truss 2					

Powered by FRAMECAD Structure ® Minimum number of fasteners required is 2 per joint



Quantity Required = 1 Mark as HN4 Engineering Status = 39%

System Name:	FRAMECAD_FT_m	Roof Type:	TILE	Design Wind Speed:	W35	Truss Pitch:	26.565
Truss Spacing:	600	Design Code:	AISI S100-07 LRFD	Loading Code:	IBC 2018 LRFD	Top Chord Live Load (kPa):	0.50
Top Chord Dead Load (kPa):	0.65	Bottom Chord Dead Load (kPa):	0.14	Envelope:	1453h x 2719w		

FRAMECAD	Dwg Diseno Ruitoque_7	View 8 of 27	Client :	J/No.
----------	-----------------------	--------------	----------	-------

 <b>FRAMECAD</b> Stud Design for Panel L101			
Company:	FRAMECAD	Tab Name:	Panel.1
Project:		Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	1

Panel Label:	L101	SECTION DIMENSIONS (SINGLE STUD):	
DESIGN BASICS:		Section Shape	LC
Steel Design Code	AISI S100-07 LRFD	Section Height	89.0 mm
Loading Code:	IBC 2018 LRFD	Section Width	41.0 mm
Wind Speed (m/s)	W35	Lip Length	11.5 mm
Terrain Factor Kz	1.00	Inside Radius	2.00 mm
Importance Factor I	1.00	Material Thickness	1.15 mm
Topography Factor Kzt	1.00	Service Hole Width	34.0 mm
Wall Location	External	Yield Strength	350 MPa
Usage Type	Load Bearing	Tensile Strength	420 MPa
Dead Load (G)	0.92 kN/m	SECTION PROPERTIES (SINGLE STUD):	
Live Load (Q1 = max(Q2,Q3))	0.42 kN/m	Gross Area	212.73 mm <sup>2</sup>
Roof Live Load (Q2)	0.42 kN/m	Section Mass	1.670 kg/m
Floor Live Load (Q3)	0.00 kN/m	Centroid Left	12.8 mm
Live Load (Q4 = Q2+Q3)	0.42 kN/m	Centroid Top	43.9 mm
Wind Up Load (Wu)	0.62 kN/m	Second Moment of Inertia Ix	269250 mm <sup>4</sup>
Wind Down Load (Wd)	0.21 kN/m	Second Moment of Inertia Iy	49361 mm <sup>4</sup>
Wind Horizontal Load (Wh)	0.77 kPa	Radius of Gyration rx	35.6 mm
Panel Self Weight	2.17 kN/m	Radius of Gyration ry	15.2 mm
Applied Point Load (P)	1.1 kN	Shear Centre x	32.4 mm
Impact Load (P2)	0.7 kN	Shear Centre y	0.00 mm
		Polar Gyration ro	50.7 mm
		Torsion Constant J	94 mm <sup>4</sup>
		Warping Constant Cw	86.30 mm <sup>6</sup>
LOAD CASE RESULTS:	Max Stud Spacing	SECTION CAPACITIES (SINGLE STUD):	
(single stud):		Shear Capacity φvVn	14.57 kN
1.2G + 1.6Q2 + 1.0Q3	9000.0 mm	Tension Capacity φtTn	62.41 kN
1.2G + 0.5Q2 + 1.6Q3	9000.0 mm	Compression Capacity φcPno	37.51 kN
1.2G + 1.0Q3 + 1.6S	9000.0 mm	Compression Capacity φcPn	20.18 kN
1.2G + 1.6P1	9000.0 mm	Bending Capacity φbMnxo-	1775 Nm
1.2G + 0.5Q4 + 1.0Wh	1582.2 mm	Bending Capacity φbMnx-	1606 Nm
0.9G + 1.0Wu + 1.0Wh	1732.2 mm	Bending Capacity φbMnxo	1775 Nm
0.42Wh	1859.7 mm	Bending Capacity φbMnx	1606 Nm
P2	1546.7 mm		
DESIGN RESULTS:			
Stud Material	89S41-115-350		
Stud Spacing Type	Single Absolute		
Nominal Wall Height	3050.0 mm		
Nominal Noqjin Spacing	1053.0 mm		
Max Nominal Stud Spacing	1525.0 mm		
Actual Nominal Stud Spacing	600.0 mm		
Stud Engineering Compliance	39 %		
Manually Altered	No		
BRACING STUD DESIGN			
Stud Location	Stud Qty	Action Wd (kN) Action Wu (kN)	Action Ed (kN) Action Eu (kN)
		1.20+0.5Q+1.0Wd 1.00-1.0Wu	1.20+0.5Q+1.0Ed 1.00-1.0Eu
3556	3	10.36 -9.15	58.06 -56.65
6191	3	10.36 -9.15	58.06 -56.65

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)



## Head Engineering Report

Company: FRAMECAD Project: Tab Name: View  Job Number:	Dwg Name: Diseno Ruitoque_7  Detailer: Alexander Beltran Print Date: 24-09-2019  Page No: 1
---	--

<b>Lintel Specifications:</b> Panel Label: L101 Opening Label: 3000w450 Span: 3000 mm Depth: 600 mm Split Head: Yes Status: Passed Opening Head Type: Webs Only Web Pattern Type: Pattern Type 7 Plate Material: NA Top Plate Material: 89S41-115-350 Head Material: 89S41-115-350 Web Material: 89S41-115-350 Ribbon Beam Material: NA  <b>Design Basics:</b> Steel Design Code: AISI S100-07 LRFD Loading Code: IBC 2018 LRFD <b>Load Cases:</b> 1.2G + 1.6Q1 1.2G + 0.5Q3 + 1.6S 1.2G + 1.6Q3 + 0.5S 1.2G + 1.6P 1.2G + 1.0Wd + 0.5Q2 0.9G + 1.0Wu G + Q1 0.42Ws	<b>Face Wind Check</b> Deflection Limit: 0.00 mm Wind Horizontal: 0.00 kPa  <b>Jamb Stud Results (Each Side):</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 35%; text-align: center;">Left</td> <td style="width: 35%; text-align: center;">Right</td> </tr> <tr> <td>Min Qty of Single Jamb Studs</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td>Jamb Stud Gravity Reaction Up</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> <tr> <td>Jamb Stud Gravity Reaction Down</td> <td style="text-align: center;">2.17</td> <td style="text-align: center;">2.17</td> </tr> <tr> <td>Jamb Stud Material</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">89S41-115-350</td> </tr> </table> <b>Lintel Capacity:</b> Bending Capacity Down: 15996 N.m Bending Capacity Up: 15996 N.m Shear Capacity Down: 5599.0 N Shear Capacity Up: 5599.0 N Moment of Inertia Ixx: 33236429 mm <sup>4</sup>  <b>Maximum Design Action:</b> Bending Action Down: 1953 N.m Bending Action Up: 0 N.m Shear Action Down: 2169.0 N Shear Action Up: 0.0 N Ixx for Deflection: 570664 mm <sup>4</sup>  <b>Result Checks:</b> Bending Action Down: 12.2 % Bending Action Up: 0.0 %		Left	Right	Min Qty of Single Jamb Studs	2	2	Jamb Stud Gravity Reaction Up	0.00	0.00	Jamb Stud Gravity Reaction Down	2.17	2.17	Jamb Stud Material	89S41-115-350	
	Left	Right														
Min Qty of Single Jamb Studs	2	2														
Jamb Stud Gravity Reaction Up	0.00	0.00														
Jamb Stud Gravity Reaction Down	2.17	2.17														
Jamb Stud Material	89S41-115-350															

 <b>FRAMECAD®</b>	Head Engineering Report
--	-------------------------

Company: FRAMECAD Project: Tab Name: View Job Number:	Dwg Name: Diseno Ruitoque_7 Detailer: Alexander Beltran Print Date: 24-09-2019 Page No: 2
---	--

<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="3">UDL Loads</td> </tr> <tr> <td style="width: 60%;">Dead Load (G)</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">0.71</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">kN/m</td> </tr> <tr> <td>Live Load (Q1 = max(Q2,Q3))</td> <td style="text-align: center;">0.37</td> <td style="text-align: center;">kN/m</td> </tr> <tr> <td>Roof Live Load (Q2)</td> <td style="text-align: center;">0.37</td> <td style="text-align: center;">kN/m</td> </tr> <tr> <td>Floor Live Load (Q3)</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td style="text-align: center;">kN/m</td> </tr> <tr> <td>Live Load (Q4 = Q2+Q3)</td> <td style="text-align: center;">0.37</td> <td style="text-align: center;">kN/m</td> </tr> <tr> <td>Snow Load (S)</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td style="text-align: center;">kN/m</td> </tr> <tr> <td>Wind Up Load (Wu)</td> <td style="text-align: center;">0.51</td> <td style="text-align: center;">kN/m</td> </tr> <tr> <td>Wind Down Load (Wd)</td> <td style="text-align: center;">0.18</td> <td style="text-align: center;">kN/m</td> </tr> <tr> <td>Design Point Load (P1)</td> <td style="text-align: center;">1.10</td> <td style="text-align: center;">kN</td> </tr> </table>	UDL Loads			Dead Load (G)	0.71	kN/m	Live Load (Q1 = max(Q2,Q3))	0.37	kN/m	Roof Live Load (Q2)	0.37	kN/m	Floor Live Load (Q3)	0.00	kN/m	Live Load (Q4 = Q2+Q3)	0.37	kN/m	Snow Load (S)	0.00	kN/m	Wind Up Load (Wu)	0.51	kN/m	Wind Down Load (Wd)	0.18	kN/m	Design Point Load (P1)	1.10	kN	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">Shear Action Down:</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">38.7</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">%</td> </tr> <tr> <td>Shear Action Up:</td> <td style="text-align: center;">0.0</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> <tr> <td>Deflection Check:</td> <td style="text-align: center;">1.7</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> </table>	Shear Action Down:	38.7	%	Shear Action Up:	0.0	%	Deflection Check:	1.7	%
UDL Loads																																								
Dead Load (G)	0.71	kN/m																																						
Live Load (Q1 = max(Q2,Q3))	0.37	kN/m																																						
Roof Live Load (Q2)	0.37	kN/m																																						
Floor Live Load (Q3)	0.00	kN/m																																						
Live Load (Q4 = Q2+Q3)	0.37	kN/m																																						
Snow Load (S)	0.00	kN/m																																						
Wind Up Load (Wu)	0.51	kN/m																																						
Wind Down Load (Wd)	0.18	kN/m																																						
Design Point Load (P1)	1.10	kN																																						
Shear Action Down:	38.7	%																																						
Shear Action Up:	0.0	%																																						
Deflection Check:	1.7	%																																						

 <b>FRAMECAD</b> Stud Design for Panel L102			
Company:	FRAMECAD	Tab Name:	Panel.1
Project:		Dwg Name:	Diseno Rulloque_7
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	1

Panel Label:	L102	SECTION DIMENSIONS (SINGLE STUD):			
DESIGN BASICS:		Section Shape	LC		
Steel Design Code	AISI S100-07 LRFD	Section Height	89.0	mm	
Loading Code:	IBC 2018 LRFD	Section Width	41.0	mm	
Wind Speed (m/s)	W35	Lip Length	11.5	mm	
Terrain Factor Kz	1.00	Inside Radius	2.00	mm	
Importance Factor I	1.00	Material Thickness	1.15	mm	
Topography Factor Kzt	1.00	Service Hole Width	34.0	mm	
Wall Location	External	Yield Strength	350	MPa	
Usage Type	Load Bearing	Tensile Strength	420	MPa	
Dead Load (G)	4.22	SECTION PROPERTIES (SINGLE STUD):			
Live Load (Q1 = max(Q2,Q3))	1.95	Gross Area	212.73	mm <sup>2</sup>	
Floor Live Load (Q2)	0.65	Section Mass	1.670	kg/m	
Floor Live Load (Q3)	1.95	Centroid Left	12.8	mm	
Live Load (Q4 = Q2+Q3)	2.60	Centroid Top	43.9	mm	
Wind Up Load (Wu)	0.88	Second Moment of Inertia Ix	269250	mm <sup>4</sup>	
Wind Down Load (Wd)	0.29	Second Moment of Inertia Iy	49361	mm <sup>4</sup>	
Wind Horizontal Load (Wh)	0.77	Radius of Gyration rx	35.6	mm	
Panel Self Weight	2.17	Radius of Gyration ry	15.2	mm	
Applied Point Load (P)	1.1	Shear Centre x	32.4	mm	
Impact Load (P2)	0.7	Shear Centre y	0.00	mm	
		Polar Gyration ro	50.7	mm	
		Torsion Constant J	94	mm <sup>4</sup>	
		Warping Constant Cw	86.30	mm <sup>6</sup>	
LOAD CASE RESULTS:	Max Stud Spacing	SECTION CAPACITIES (SINGLE STUD):			
(single stud):		Shear Capacity φVn	14.57	kN	
1.2G + 1.6Q2 + 1.0Q3	2505.0	Tension Capacity φTn	62.41	kN	
1.2G + 0.5Q2 + 1.6Q3	2371.1	Compression Capacity φcPno	37.51	kN	
1.2G + 1.0Q3 + 1.6S	2876.5	Compression Capacity φcPn	20.18	kN	
1.2G + 1.6P1	3636.7	Bending Capacity φbMnxo-	1775	Nm	
1.2G + 0.5Q4 + 1.0Wh	1157.2	Bending Capacity φbMnx-	1606	Nm	
0.9G + 1.0Wu + 1.0Wh	1507.2	Bending Capacity φbMnxo	1775	Nm	
0.42Wh	1859.7	Bending Capacity φbMnx	1606	Nm	
P2	1546.7				
DESIGN RESULTS:					
Stud Material	89S41-115-350				
Stud Spacing Type	Single Absolute				
Nominal Wall Height	3060.0				
Nominal Noqqln Spacing	1053.0				
Max Nominal Stud Spacing	1150.0				
Actual Nominal Stud Spacing	600.0				
Stud Engineering Compliance	%				
Manually Altered	No				
BRACING STUD DESIGN					
Stud Location	Stud Qty	Action Wd (kN)	Action Wu (kN)	Action Ed (kN) Action Eu (kN)	
		1.2G+0.5Q+1.0Wd	1.0G-1.0Wu	1.2G+0.5Q+1.0Ed	1.0G-1.0Eu
2121	2	9.02	-2.87	33.22	-27.07
2682	3	15.32	-9.17	52.82	-46.67
4366	3	15.32	-9.17	52.82	-46.67
4981	2	9.02	-2.87	33.22	-27.07
POINT LOAD					

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)

 **FRAMECAD** Stud Design for Panel L102

Company:	FRAMECAD	Tab Name:	Panel.1
Project:		Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	2

Load Location	Stud Qty	Dead Load (G) kN	Roof Live (Q2) kN	Floor Live (Q3) kN	Snow(SW)Wind Up(Wu) kN	Up(Wu) kN
5461	1	0.60	0.30	0.00	0.00	0.40
6862	1	0.60	0.30	0.00	0.00	0.40

 <b>FRAMECAD®</b>	<h3>Head Engineering Report</h3>
--	----------------------------------

<b>Company:</b> FRAMECAD <b>Project:</b> <b>Tab Name:</b> <b>View:</b>  <b>Job Number:</b>	<b>Dwg Name:</b> Diseno Ruitoque_7  <b>Detailer:</b> Alexander Beltran <b>Print Date:</b> 24-09-2019  <b>Page No:</b> 1
---	--

<b>Lintel Specifications:</b> Panel Label: L102 Opening Label: 2525w700 Span: 2525 mm Depth: 300 mm Split Head: No Status: Passed Opening Head Type: Webbed Head with L-Plates Web Pattern Type: Pattern Type 7 Plate Material: 1 x L15012 150x32x1.15 Top Plate Material: 89S41-115-350 Head Material: 89S41-115-350 Web Material: 89S41-115-350 Ribbon Beam Material: NA  <b>Design Basics:</b> Steel Design Code: AISI S100-07 LRFD Loading Code: IBC 2018 LRFD <b>Load Cases:</b> 1.2G + 1.6Q1 1.2G + 0.5Q3 + 1.6S 1.2G + 1.6Q3 + 0.5S 1.2G + 1.6P 1.2G + 1.0Wd + 0.5Q2 0.9G + 1.0Wu G + Q1 0.42Ws	<b>Face Wind Check</b> Deflection Limit: 0.00 mm Wind Horizontal: 0.00 kPa  <b>Jamb Stud Results (Each Side):</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 35%; text-align: center;">Left</td> <td style="width: 35%; text-align: center;">Right</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Min Qty of Single Jamb Studs</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Jamb Stud Gravity Reaction Up</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td style="text-align: right;">kN</td> </tr> <tr> <td>Jamb Stud Gravity Reaction Down</td> <td style="text-align: center;">13.01</td> <td style="text-align: center;">14.03</td> <td style="text-align: right;">kN</td> </tr> <tr> <td>Jamb Stud Lateral Reaction Up</td> <td style="text-align: center;">49.00</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td style="text-align: right;">kN</td> </tr> <tr> <td>Jamb Stud Lateral Reaction Down</td> <td style="text-align: center;">56.88</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td style="text-align: right;">kN</td> </tr> <tr> <td>Jamb Stud Material</td> <td colspan="3">89S41-115-350</td> </tr> </table> <b>Lintel Capacity:</b> Bending Capacity Down: 9167 N.m Bending Capacity Up: 7412 N.m Shear Capacity Down: 13925.0 N Shear Capacity Up: 4426.0 N Moment of Inertia Ixx: 7616409 mm <sup>4</sup>  <b>Maximum Design Action:</b> Bending Action Down: 8424 N.m Bending Action Up: 0 N.m Shear Action Down: 13012.0 N Shear Action Up: 0.0 N Ixx for Deflection: 2454703 mm <sup>4</sup>  <b>Result Checks:</b>		Left	Right		Min Qty of Single Jamb Studs	3	2		Jamb Stud Gravity Reaction Up	0.00	0.00	kN	Jamb Stud Gravity Reaction Down	13.01	14.03	kN	Jamb Stud Lateral Reaction Up	49.00	0.00	kN	Jamb Stud Lateral Reaction Down	56.88	0.00	kN	Jamb Stud Material	89S41-115-350		
	Left	Right																											
Min Qty of Single Jamb Studs	3	2																											
Jamb Stud Gravity Reaction Up	0.00	0.00	kN																										
Jamb Stud Gravity Reaction Down	13.01	14.03	kN																										
Jamb Stud Lateral Reaction Up	49.00	0.00	kN																										
Jamb Stud Lateral Reaction Down	56.88	0.00	kN																										
Jamb Stud Material	89S41-115-350																												

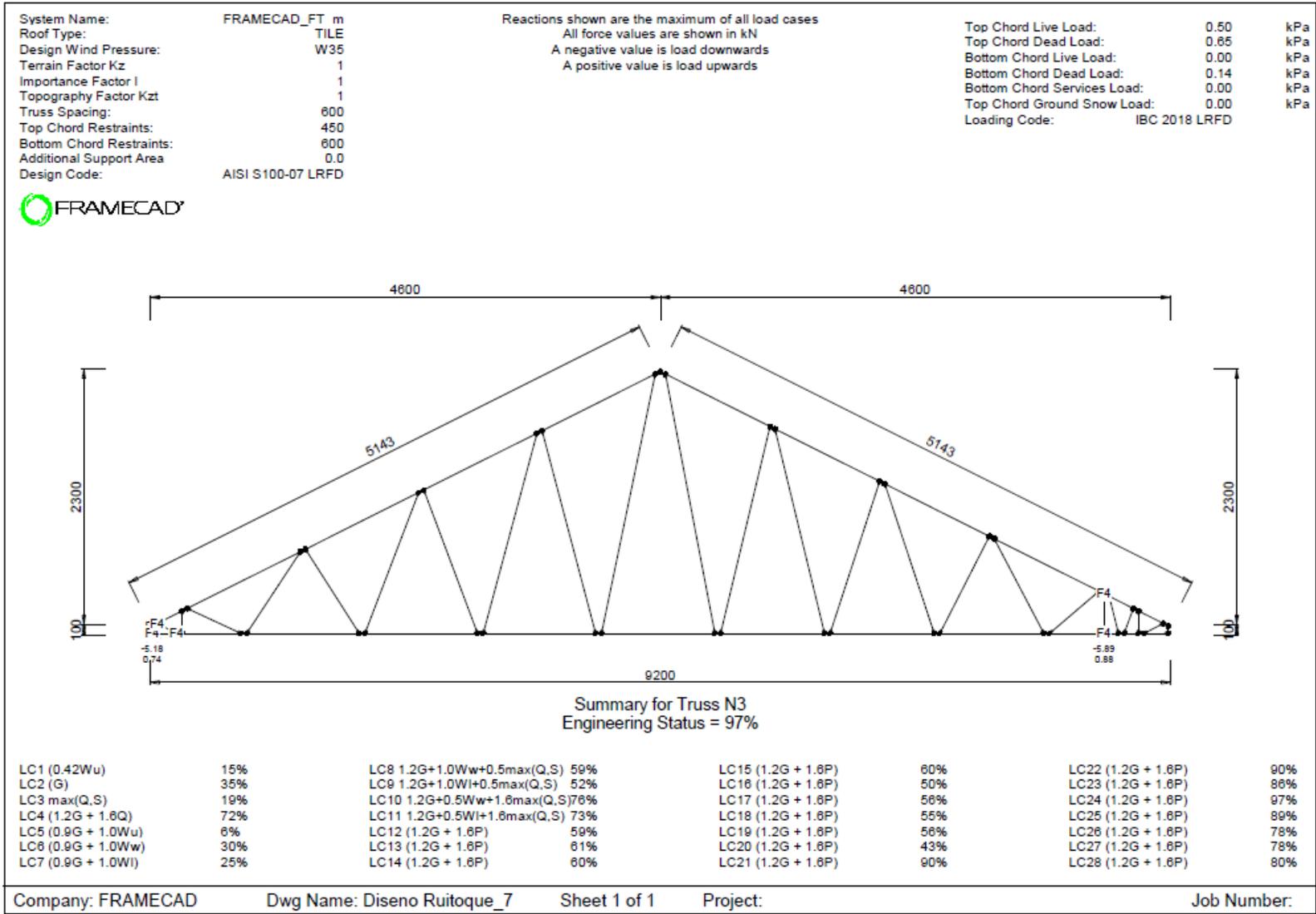


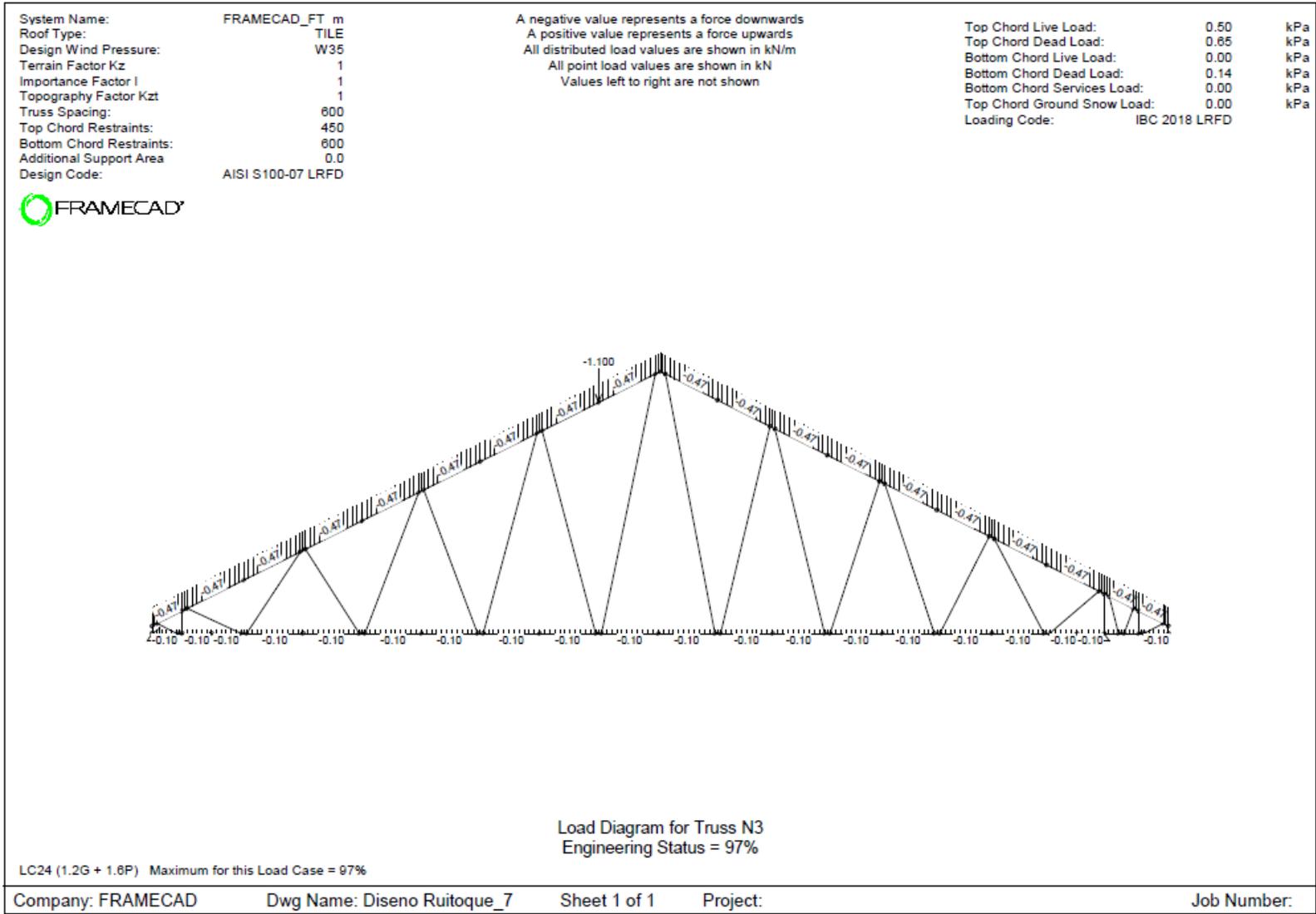
## FRAMECAD®

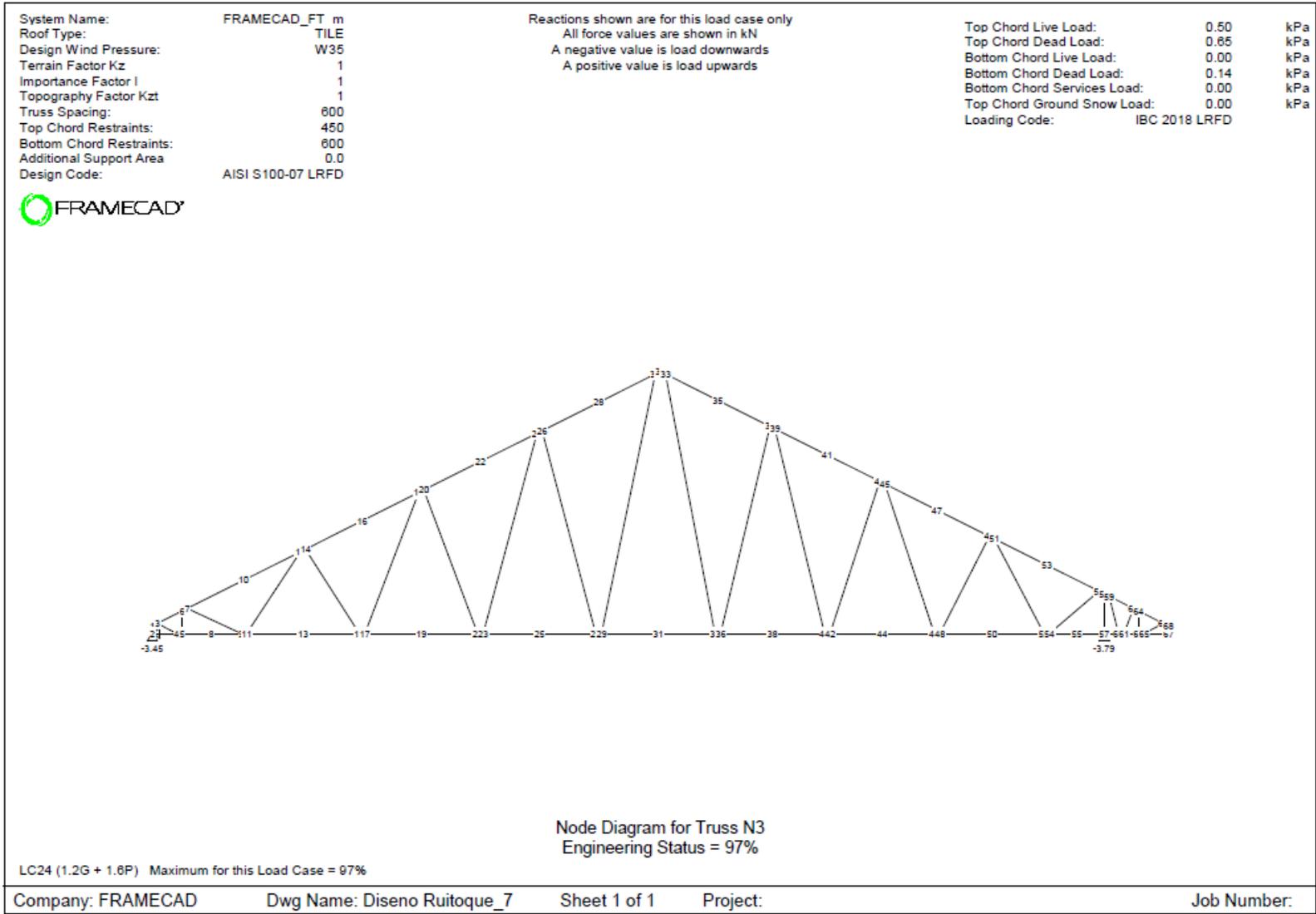
### Head Engineering Report

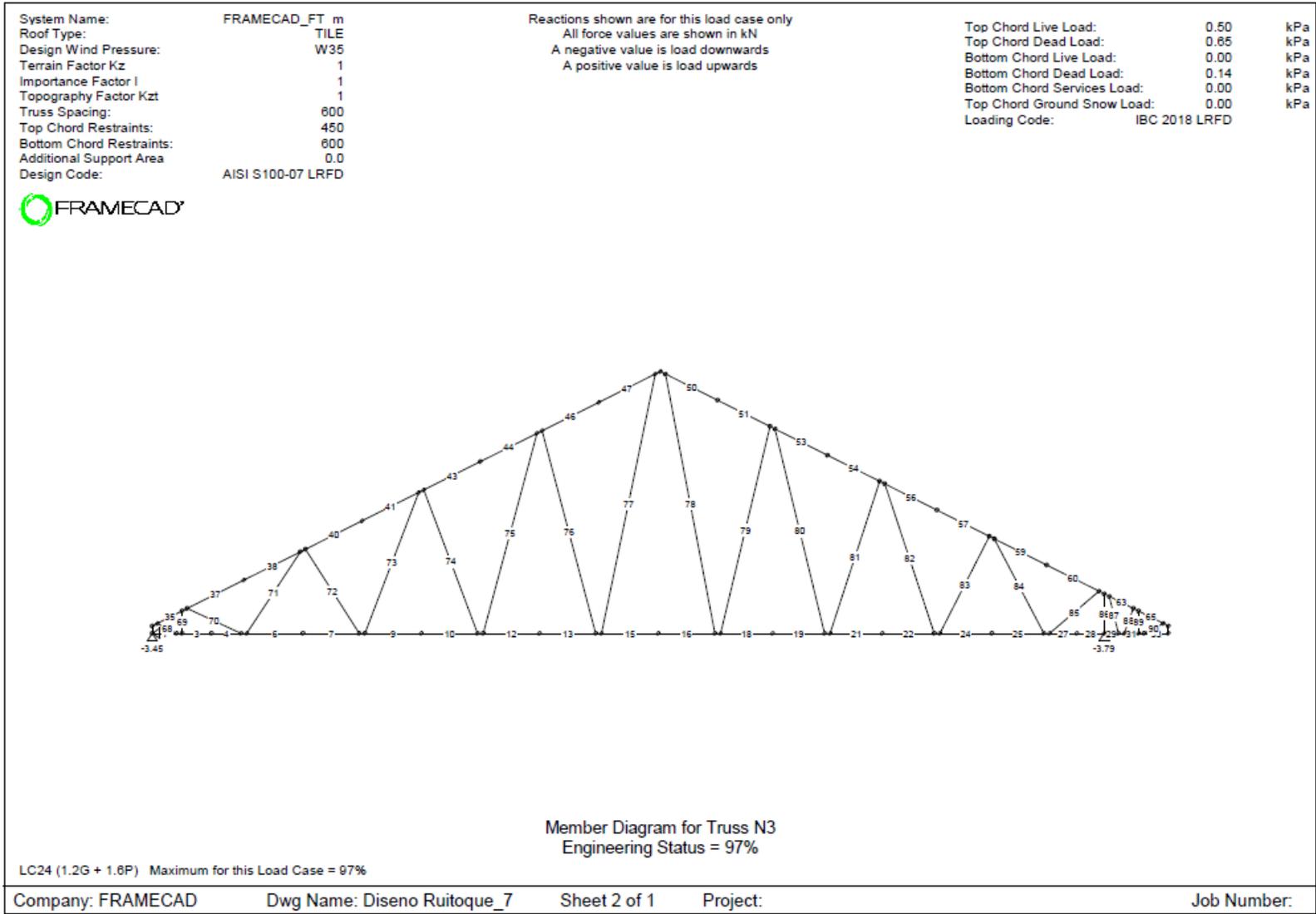
Company: FRAMECAD	Dwg Name: Diseno Ruitoque_7
Project:	Detailer: Alexander Beltran
Tab Name:	Print Date: 24-09-2019
View:	
Job Number:	Page No: 2

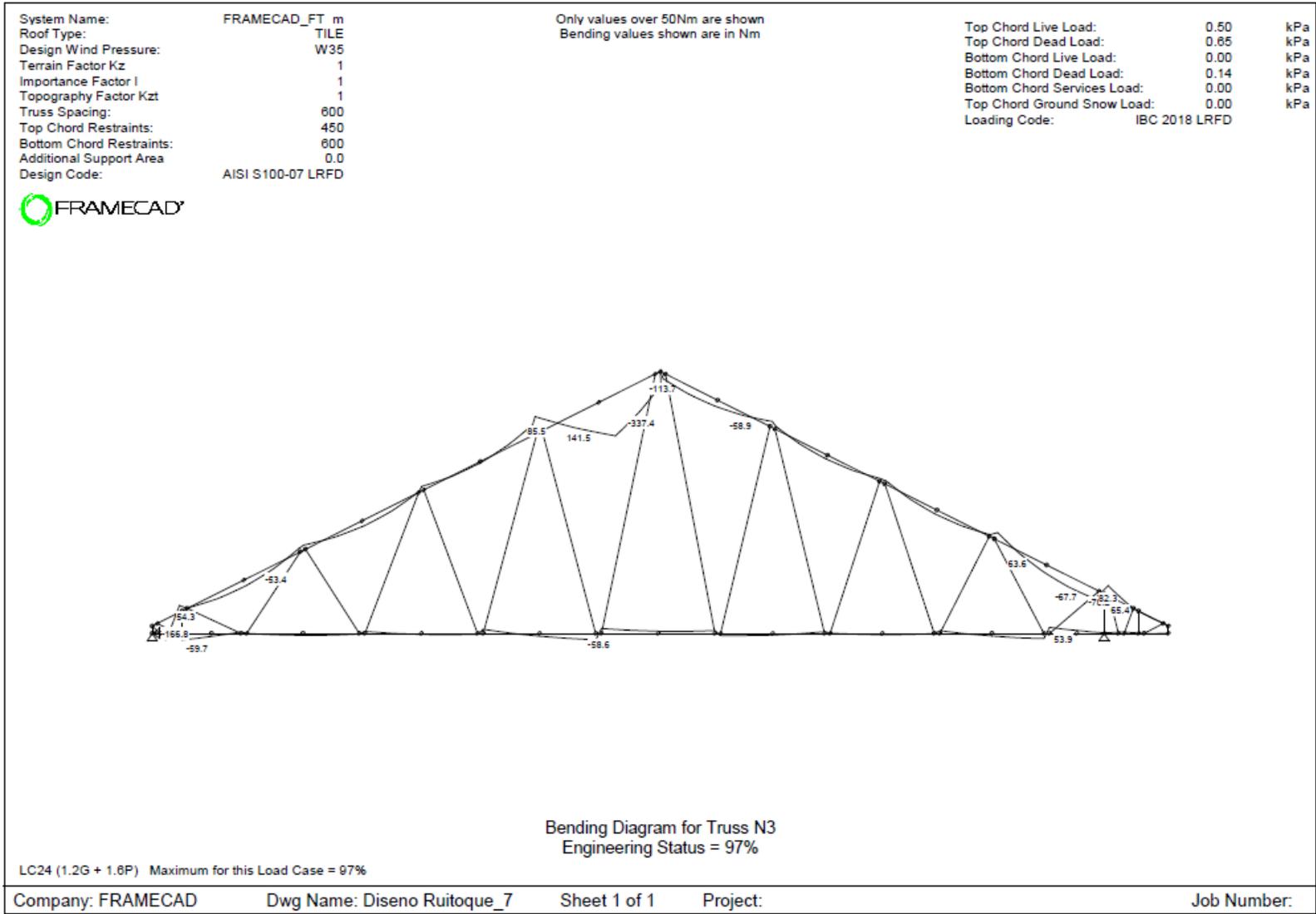
UDL Loads				Bending Action Down:	91.9	%
Dead Load (G)	4.62	kN/m		Bending Action Up:	0.0	%
Live Load (Q1 = max(Q2,Q3))	2.64	kN/m		Shear Action Down:	93.4	%
Roof Live Load (Q2)	0.28	kN/m		Shear Action Up:	0.0	%
Floor Live Load (Q3)	2.64	kN/m		Deflection Check:	32.2	%
Live Load (Q4 = Q2+Q3)	2.92	kN/m				
Snow Load (S)	0.00	kN/m				
Wind Up Load (Wu)	0.37	kN/m				
Wind Down Load (Wd)	0.12	kN/m				
Design Point Load (P1)	1.10	kN				
Point Loads:						
Load Location	Dead (G)	Roof Live (Q2)	Floor Live (Q3)	Snow Load (S)	Wind Up (Wu)	Wind Dow (Wd)
1075	0.60	0.30	0.00	0.00	0.40	0.10
2476	0.60	0.30	0.00	0.00	0.40	0.10

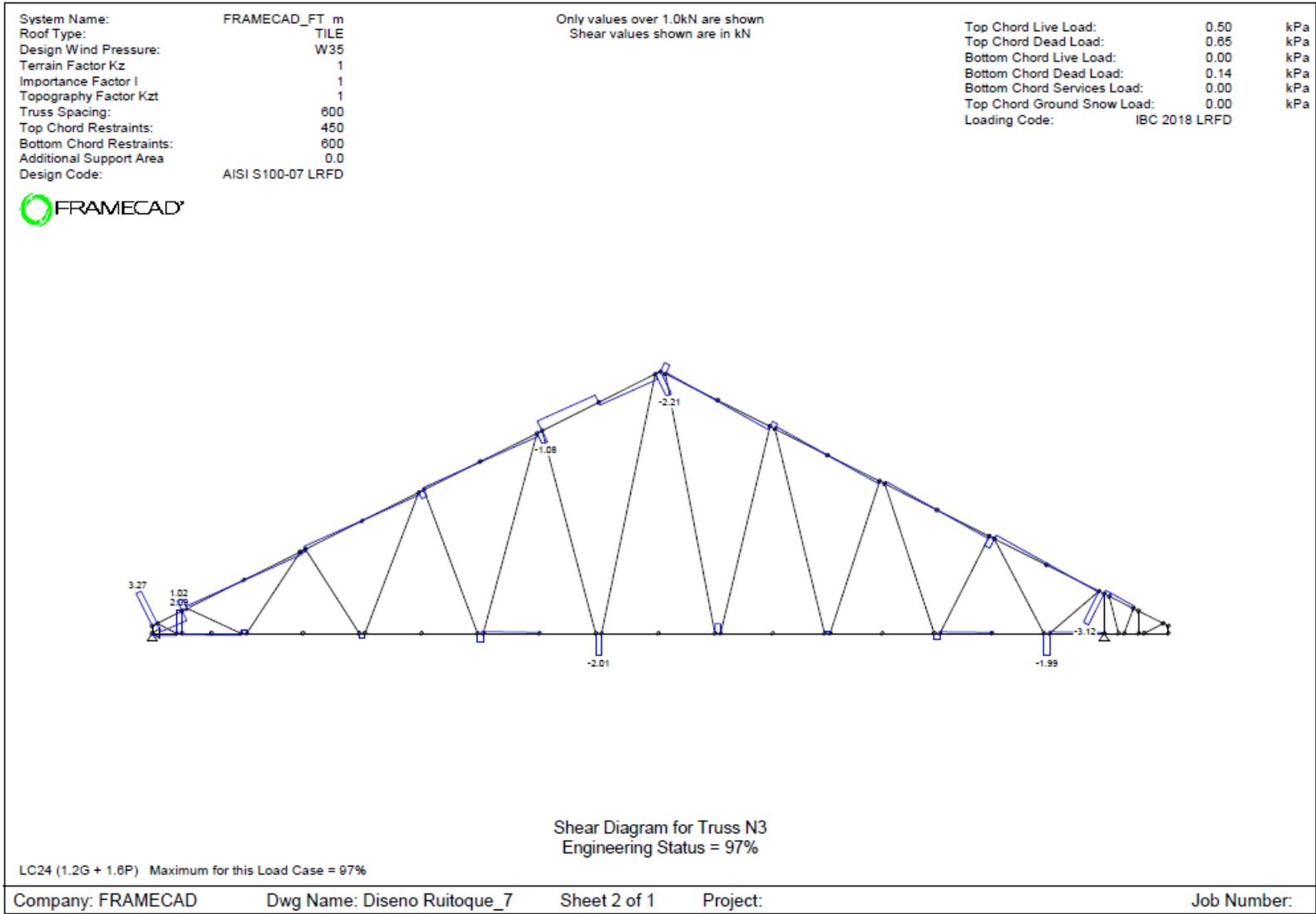


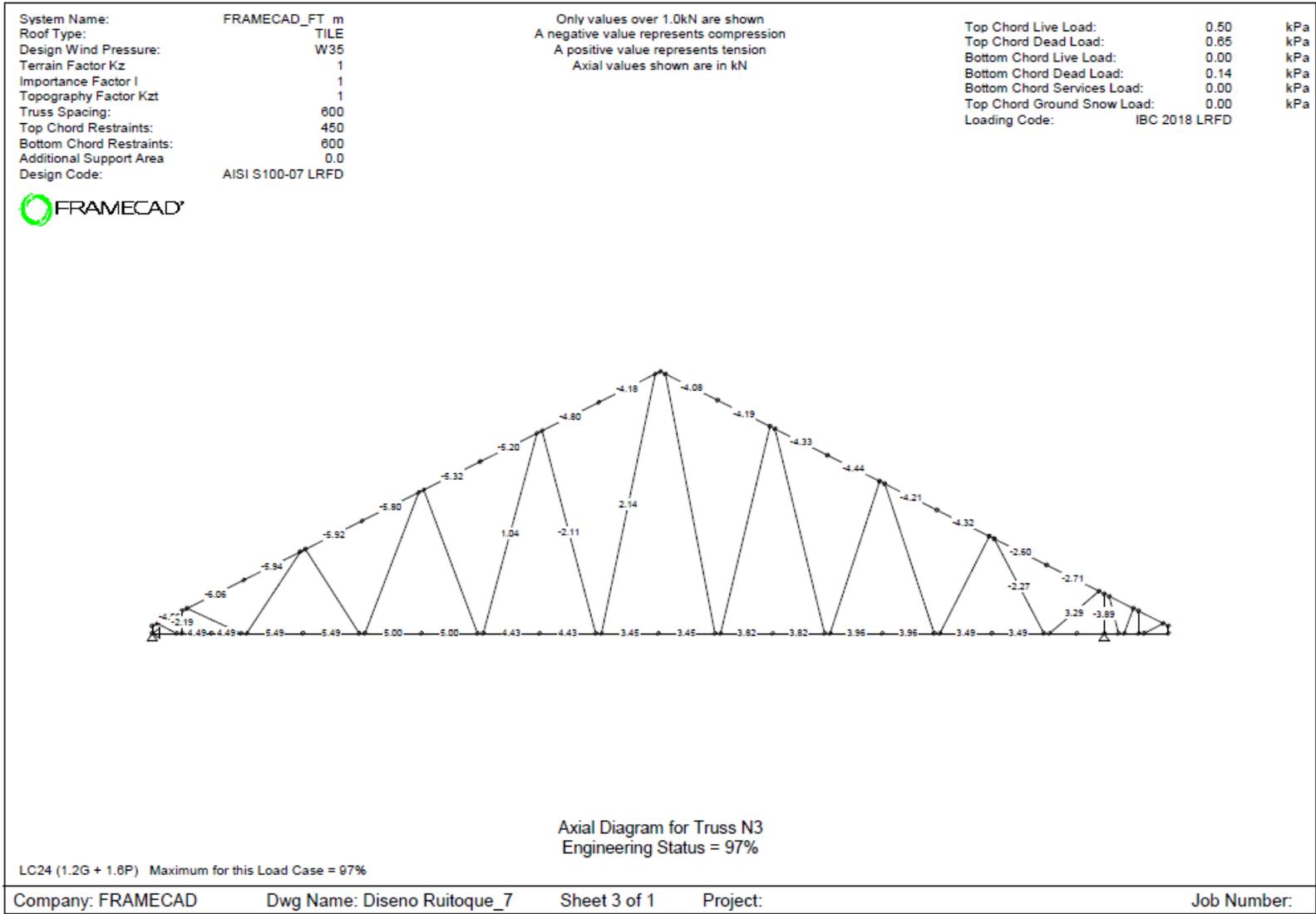


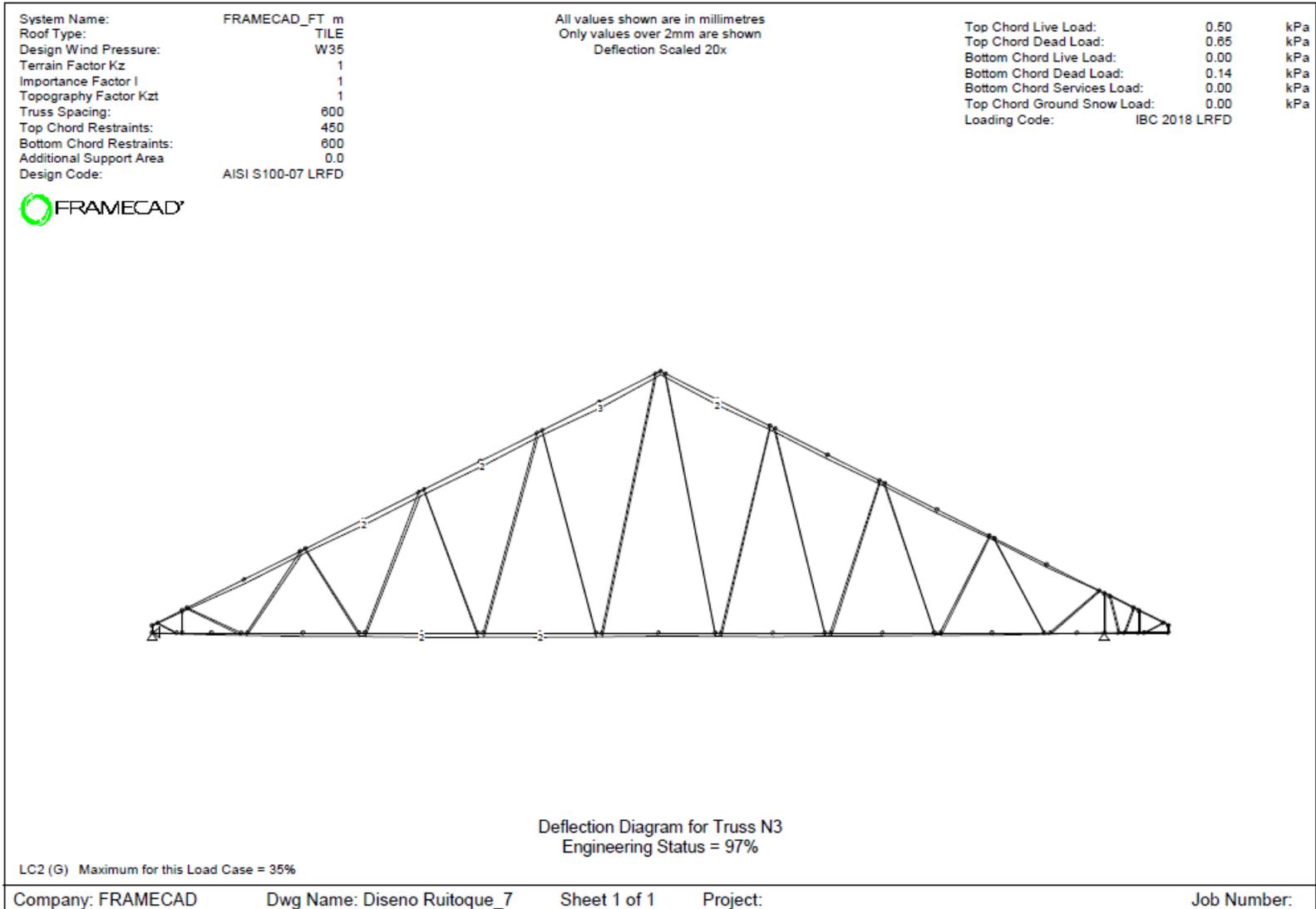














## Engineering for Truss N3

Company:	FRAMECAD	Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
Project:		Tab Name:	Truss.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	1

Member Shape LC24 (1.2G + 1.6P)									
ID	Name	Profile	Height (mm)	Width (mm)	Lip (mm)	Radius (mm)	Thickness (mm)	Yield (MPa)	Tensile (MPa)
1	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
2	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
3	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
4	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
5	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
6	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
7	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
8	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
9	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
10	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
11	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
12	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
13	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
14	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
15	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
16	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
17	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
18	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
19	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
20	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
21	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
22	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
23	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
24	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
25	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
26	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
27	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
28	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)



## Engineering for Truss N3

Company:	FRAMECAD	Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
Project:		Tab Name:	Truss.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	2

Member Shape LC24 (1.2G + 1.6P)									
ID	Name	Profile	Height (mm)	Width (mm)	Lip (mm)	Radius (mm)	Thickness (mm)	Yield (MPa)	Tensile (MPa)
29	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
30	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
31	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
32	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
33	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
34	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
35	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
36	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
37	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
38	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
39	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
40	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
41	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
42	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
43	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
44	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
45	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
46	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
47	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
48	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
49	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
50	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
51	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
52	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
53	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
54	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
55	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)



## Engineering for Truss N3

Company:	FRAMECAD	Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
Project:		Tab Name:	Truss.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	3

Member Shape LC24 (1.2G + 1.6P)									
ID	Name	Profile	Height (mm)	Width (mm)	Lip (mm)	Radius (mm)	Thickness (mm)	Yield (MPa)	Tensile (MPa)
56	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
57	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
58	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
59	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
60	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
61	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
62	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
63	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
64	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
65	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
66	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
67	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
68	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
69	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
70	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
71	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
72	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
73	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
74	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
75	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
76	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
77	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
78	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
79	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
80	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
81	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
82	80S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)

 Engineering for Truss N3

Company: FRAMECAD  
 Project: Dwg Name: Diseno Ruitoque\_7  
 Tab Name: Truss.1  
 Detailer: Alexander Beltran  
 Print Date: 24-09-2019  
 Job Number: Page No: 4

**Member Shape LC24 (1.2G + 1.6P)**

ID	Name	Profile	Height (mm)	Width (mm)	Lip (mm)	Radius (mm)	Thickness (mm)	Yield (MPa)	Tensile (MPa)
83	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
84	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
85	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
86	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
87	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
88	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
89	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
90	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420
91	89S41-095-350	LE	89.0	41.0	11.5	2.00	0.95	350	420



## Engineering for Truss N3

Company:	FRAMECAD	Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
Project:		Tab Name:	Truss.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	1

Member Properties LC24 (1.2G + 1.6P)																
ID	Width (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )	Weight (kg/m)	xc (mm)	yc (mm)	lx (mm <sup>4</sup> )	ly (mm <sup>4</sup> )	rx (mm)	ry (mm)	xo (mm)	yo (mm)	ro1 (mm)	J (mm <sup>4</sup> ) (10E6mm <sup>6</sup> )	Iw	Zx (mm <sup>2</sup> )	Zy (mm <sup>2</sup> )
1	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
2	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
3	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
4	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
5	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
6	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
7	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
8	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
9	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
10	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
11	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
12	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
13	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
14	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
15	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
16	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
17	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
18	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
19	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
20	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
21	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
22	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
23	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
24	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
25	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
26	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
27	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
28	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053



## Engineering for Truss N3

Company:	FRAMECAD	Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
Project:		Tab Name:	Truss.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	2

Member Properties LC24 (1.2G + 1.6P)																
ID	Width (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )	Weight (kg/m)	xc (mm)	yc (mm)	lx (mm4)	ly (mm4)	rx (mm)	ry (mm)	xo (mm)	yo (mm)	ro1 (mm)	J (mm4) (10E6mm6)	Iw (mm6)	Zx (mm <sup>2</sup> )	Zy (mm <sup>2</sup> )
29	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
30	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
31	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
32	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
33	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
34	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
35	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
36	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
37	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
38	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
39	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
40	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
41	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
42	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
43	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
44	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
45	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
46	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
47	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
48	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
49	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
50	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
51	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
52	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
53	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
54	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
55	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053



## Engineering for Truss N3

Company:	FRAMECAD	Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
Project:		Tab Name:	Truss.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	3

Member Properties LC24 (1.2G + 1.6P)																
ID	Width (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )	Weight (kg/m)	xc (mm)	yc (mm)	lx (mm4)	ly (mm4)	rx (mm)	ry (mm)	xo (mm)	yo (mm)	ro1 (mm)	J (mm4) (10E6mm6)	Iw (mm6)	Zx (mm <sup>2</sup> )	Zy (mm <sup>2</sup> )
56	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
57	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
58	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
59	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
60	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
61	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
62	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
63	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
64	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
65	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
66	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
67	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
68	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
69	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
70	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
71	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
72	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
73	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
74	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
75	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
76	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
77	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
78	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
79	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
80	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
81	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
82	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053



## Engineering for Truss N3

Company:	FRAMECAD	Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
Project:		Tab Name:	Truss.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	4

Member Properties LC24 (1.2G + 1.6P)																
ID	Width (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )	Weight (kg/m)	xc (mm)	yc (mm)	lx (mm <sup>4</sup> )	ly (mm <sup>4</sup> )	rx (mm)	ry (mm)	xo (mm)	yo (mm)	ro1 (mm)	J (mm <sup>4</sup> ) (10E6mm <sup>8</sup> )	Iw (mm <sup>6</sup> )	Zx (mm <sup>3</sup> )	Zy (mm <sup>3</sup> )
83	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
84	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
85	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
86	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
87	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
88	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
89	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
90	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053
91	186.0	176.65	1.387	44.0	12.9	41508	224850	15.3	35.7	0.00	32.6	50.9	53	72.90	1503	5053



## Engineering for Truss N3

Company:	FRAMECAD		
Project:		Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
		Tab Name:	Truss.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	1

Member Capacities LC24 (1.2G + 1.6P)												
ID	Shear $\Phi V_n$ (kN)	Tension $\Phi T_n$ (kN)	Comp Section $\Phi_c P_{no}$ (kN)	Comp Member $\Phi_c P_n$ (kN)	Bend Dn (Sec) $\Phi_b M_{nx}$ (N.m)	Bend Dn (Mem) $\Phi_b M_{nx}$ (N.m)	Bend Up (Sec) $\Phi_b M_{nx}$ (N.m)	Bend Up (Mem) $\Phi_b M_{nx}$ (N.m)	Eff Area Ae (mm <sup>2</sup> )	Sec Mod Up Se (mm <sup>2</sup> )	Sec Mod Dn Se (mm <sup>2</sup> )	
1	13.30	51.85	20.30	32.31	455	431	500	474	113.00	1368	1504	
2	13.30	51.85	20.30	32.61	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
3	13.30	51.85	20.30	30.07	455	431	500	474	117.00	1368	1504	
4	13.30	51.85	20.30	30.07	455	431	500	474	117.00	1368	1504	
5	13.30	51.85	20.30	32.61	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
6	13.30	51.85	20.30	26.70	455	431	500	474	125.00	1368	1504	
7	13.30	51.85	20.30	26.70	455	431	500	474	125.00	1368	1504	
8	13.30	51.85	20.30	32.61	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
9	13.30	51.85	20.30	26.70	455	431	500	474	125.00	1368	1504	
10	13.30	51.85	20.30	26.70	455	431	500	474	125.00	1368	1504	
11	13.30	51.85	20.30	32.61	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
12	13.30	51.85	20.30	26.70	455	431	500	474	125.00	1368	1504	
13	13.30	51.85	20.30	26.70	455	431	500	474	125.00	1368	1504	
14	13.30	51.85	20.30	32.61	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
15	13.30	51.85	20.30	26.70	455	431	500	474	125.00	1368	1504	
16	13.30	51.85	20.30	26.70	455	431	500	474	125.00	1368	1504	
17	13.30	51.85	20.30	32.61	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
18	13.30	51.85	20.30	27.53	455	431	500	474	123.00	1368	1504	
19	13.30	51.85	20.30	27.53	455	431	500	474	123.00	1368	1504	
20	13.30	51.85	20.30	32.61	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
21	13.30	51.85	20.30	27.53	455	431	500	474	123.00	1368	1504	
22	13.30	51.85	20.30	27.53	455	431	500	474	123.00	1368	1504	
23	13.30	51.85	20.30	32.61	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
24	13.30	51.85	20.30	27.53	455	431	500	474	123.00	1368	1504	
25	13.30	51.85	20.30	27.53	455	431	500	474	123.00	1368	1504	
26	13.30	51.85	20.30	32.61	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
27	13.30	51.85	20.30	30.53	455	431	500	474	116.00	1368	1504	



## Engineering for Truss N3

Company:	FRAMECAD		
Project:		Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
		Tab Name:	Truss.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	2

Member Capacities LC24 (1.2G + 1.6P)												
ID	Shear ΦVn (kN)	Tension ΦTn (kN)	Comp Section ΦcPno (kN)	Comp Member ΦcPn (kN)	Bend Dn (Sec) ΦbMnxo (N.m)	Bend Dn (Mem) ΦbMnx (N.m)	Bend Up (Sec) ΦbMnxo- (N.m)	Bend Up (Mem) ΦbMnx- (N.m)	Eff Area Ae (mm <sup>2</sup> )	Sec Mod Up Se- (mm <sup>2</sup> )	Sec Mod Dn Se (mm <sup>2</sup> )	
28	13.30	51.85	20.30	30.53	455	431	500	474	118.00	1368	1504	
29	13.30	51.85	20.30	32.52	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
30	13.30	51.85	20.30	32.61	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
31	13.30	51.85	20.30	32.52	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
32	13.30	51.85	20.30	32.61	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
33	13.30	51.85	20.30	32.31	455	431	500	474	113.00	1368	1504	
34	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
35	13.30	51.85	20.30	32.22	455	431	500	474	113.00	1368	1504	
36	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
37	13.30	51.85	20.30	25.39	455	431	500	474	130.00	1368	1504	
38	13.30	51.85	20.30	25.39	455	431	500	474	130.00	1368	1504	
39	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
40	13.30	51.85	20.30	25.39	455	431	500	474	130.00	1368	1504	
41	13.30	51.85	20.30	25.39	455	431	500	474	130.00	1368	1504	
42	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
43	13.30	51.85	20.30	25.39	455	431	500	474	130.00	1368	1504	
44	13.30	51.85	20.30	25.39	455	431	500	474	130.00	1368	1504	
45	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
46	13.30	51.85	20.30	25.39	455	431	500	474	130.00	1368	1504	
47	13.30	51.85	20.30	25.39	455	431	500	474	130.00	1368	1504	
48	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
49	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
50	13.30	51.85	20.30	26.12	455	431	500	474	126.00	1368	1504	
51	13.30	51.85	20.30	26.12	455	431	500	474	126.00	1368	1504	
52	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
53	13.30	51.85	20.30	26.12	455	431	500	474	126.00	1368	1504	

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)

 **FRAMECAD** Engineering for Truss N3

Company: FRAMECAD  
 Project: Dwg Name: Diseno Ruitoque\_7  
 Tab Name: Truss.1  
 Detailer: Alexander Beltran  
 Print Date: 24-09-2019  
 Job Number: Page No: 3

**Member Capacities LC24 (1.2G + 1.6P)**

ID	Shear ΦVn (kN)	Tension ΦTn (kN)	Comp Section ΦcPno (kN)	Comp Member ΦcPn (kN)	Bend Dn (Sec) ΦbMnxo (N.m)	Bend Dn (Mem) ΦbMnx (N.m)	Bend Up (Sec) ΦbMnxo- (N.m)	Bend Up (Mem) ΦbMnx- (N.m)	Eff Area Ae (mm²)	Sec Mod Up Se- (mm²)	Sec Mod Dn Se (mm²)
54	13.30	51.85	20.30	26.12	455	431	500	474	126.00	1368	1504
55	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504
56	13.30	51.85	20.30	26.12	455	431	500	474	126.00	1368	1504
57	13.30	51.85	20.30	26.12	455	431	500	474	126.00	1368	1504
58	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504
59	13.30	51.85	20.30	26.12	455	431	500	474	126.00	1368	1504
60	13.30	51.85	20.30	26.12	455	431	500	474	126.00	1368	1504
61	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504
62	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504
63	13.30	51.85	20.30	32.34	455	431	500	474	113.00	1368	1504
64	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504
65	13.30	51.85	20.30	32.22	455	431	500	474	113.00	1368	1504
66	13.30	51.85	20.30	32.80	455	431	500	474	112.00	1368	1504
67	13.30	51.85	20.30	33.02	455	431	500	474	111.00	1368	1504
68	13.30	51.85	20.30	32.66	455	431	500	474	112.00	1368	1504
69	13.30	51.85	20.30	32.56	455	431	500	474	112.00	1368	1504
70	13.30	51.85	20.30	30.10	455	431	500	474	117.00	1368	1504
71	13.30	51.85	20.30	25.73	455	431	500	474	128.00	1368	1504
72	13.30	51.85	20.30	25.73	455	431	500	474	128.00	1368	1504
73	13.30	51.85	20.30	18.47	455	431	500	425	150.00	1368	1504
74	13.30	51.85	20.30	17.99	455	431	500	421	151.00	1368	1504
75	13.30	51.85	20.30	11.27	455	431	500	346	163.00	1368	1504
76	13.30	51.85	20.30	11.04	455	431	500	341	163.00	1368	1504
77	13.30	51.85	20.30	7.70	455	431	500	248	172.00	1368	1504
78	13.30	51.85	20.30	7.70	455	431	500	248	172.00	1368	1504
79	13.30	51.85	20.30	10.81	455	431	500	337	164.00	1368	1504

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)



## Engineering for Truss N3

Company:	FRAMECAD		
Project:		Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
		Tab Name:	Truss.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	4

Member Capacities LC24 (1.2G + 1.6P)												
ID	Shear ΦV <sub>Vn</sub> (kN)	Tension ΦT <sub>Tn</sub> (kN)	Comp Section ΦcP <sub>no</sub> (kN)	Comp Member ΦcP <sub>n</sub> (kN)	Bend Dn (Sec) ΦbM <sub>nxo</sub> (N.m)	Bend Dn (Mem) ΦbM <sub>nx</sub> (N.m)	Bend Up (Sec) ΦbM <sub>nxo</sub> (N.m)	Bend Up (Mem) ΦbM <sub>nx</sub> (N.m)	Eff Area A <sub>e</sub> (mm <sup>2</sup> )	Sec Mod Up S <sub>e</sub> (mm <sup>2</sup> )	Sec Mod Dn S <sub>e</sub> (mm <sup>2</sup> )	
80	13.30	51.85	20.30	11.04	455	431	500	341	163.00	1368	1504	
81	13.30	51.85	20.30	17.01	455	431	500	414	152.00	1368	1504	
82	13.30	51.85	20.30	17.50	455	431	500	417	151.00	1368	1504	
83	13.30	51.85	20.30	24.67	455	431	500	471	134.00	1368	1504	
84	13.30	51.85	20.30	24.94	455	431	500	474	132.00	1368	1504	
85	13.30	51.85	20.30	29.56	455	431	500	474	118.00	1368	1504	
86	13.30	51.85	20.30	31.66	455	431	500	474	114.00	1368	1504	
87	13.30	51.85	20.30	31.83	455	431	500	474	114.00	1368	1504	
88	13.30	51.85	20.30	32.44	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
89	13.30	51.85	20.30	32.56	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
90	13.30	51.85	20.30	32.66	455	431	500	474	112.00	1368	1504	
91	13.30	51.85	20.30	33.02	455	431	500	474	111.00	1368	1504	



## Engineering for Truss N3

Company:	FRAMECAD	Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
Project:		Tab Name:	Truss.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	1

Member Forces LC24 (1.2G + 1.6P)								
ID	Axial (kN)	Moment A (N.m)	Moment B (N.m)	Moment C (N.m)	Shear A (kN)	Shear C (kN)	Disp A (mm)	Disp C (mm)
1	0.01	0.0	22.8	47.1	-0.20	-0.23	0.00	0.63
2	4.49	47.1	-8.3	-59.7	2.09	2.08	0.83	0.82
3	4.49	-59.7	-44.7	-27.7	-0.11	-0.14	0.82	1.38
4	4.49	-27.7	-8.5	12.6	-0.14	-0.17	1.38	1.71
5	5.38	12.6	6.5	0.4	0.24	0.24	1.71	1.78
6	5.49	0.4	-12.6	-18.0	0.07	0.01	1.78	2.48
7	5.49	-18.0	-15.9	-8.2	0.01	-0.06	2.48	2.70
8	5.23	-8.2	5.8	17.9	-0.47	-0.47	2.70	2.70
9	5.00	17.9	0.1	-10.1	0.08	0.03	2.70	3.00
10	5.00	-10.1	-12.7	-7.9	0.03	-0.03	3.00	3.06
11	4.71	-7.9	13.8	35.6	-0.84	-0.85	3.06	3.06
12	4.43	35.6	0.7	-26.6	0.15	0.09	3.06	3.58
13	4.43	-26.6	-46.3	-58.6	0.09	0.03	3.58	3.35
14	3.90	-58.6	-7.1	44.4	-2.01	-2.01	3.35	3.21
15	3.45	44.4	27.9	19.1	0.08	0.02	3.21	2.49
16	3.45	19.1	17.9	24.3	0.02	-0.04	2.49	2.45
17	3.64	24.3	2.3	-19.6	0.86	0.85	2.45	2.49
18	3.82	-19.6	-20.9	-15.7	0.02	-0.04	2.49	2.54
19	3.82	-15.7	-4.0	14.0	-0.04	-0.09	2.54	2.24
20	3.92	14.0	8.0	2.2	0.23	0.23	2.24	2.22
21	3.96	2.2	-8.4	-12.6	0.06	0.00	2.22	2.11
22	3.96	-12.6	-10.3	-1.6	0.00	-0.05	2.11	1.72
23	3.82	-1.6	11.2	24.1	-0.50	-0.50	1.72	1.68
24	3.49	24.1	-3.7	-25.0	0.13	0.08	1.68	1.58
25	3.49	-25.0	-39.9	-48.3	0.08	0.02	1.58	0.89
26	2.44	-48.3	2.7	53.9	-1.99	-2.00	0.89	0.73
27	-0.06	53.9	38.9	25.8	0.13	0.10	0.73	0.27
28	-0.06	25.8	14.4	4.7	0.10	0.07	0.27	0.00



## Engineering for Truss N3

Company:	FRAMECAD		
Project:		Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
		Tab Name:	Truss.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	2

Member Forces LC24 (1.2G + 1.6P)								
ID	Axial (kN)	Moment A (N.m)	Moment B (N.m)	Moment C (N.m)	Shear A (kN)	Shear C (kN)	Disp A (mm)	Disp C (mm)
29	-0.07	4.7	6.8	9.4	-0.03	-0.04	0.00	0.11
30	-0.07	9.4	10.8	12.2	-0.05	-0.06	0.11	0.14
31	-0.13	12.2	6.4	1.1	0.09	0.08	0.14	0.15
32	-0.13	1.1	-0.8	-2.6	0.08	0.07	0.15	0.15
33	0.00	-2.6	-2.0	0.0	0.00	-0.02	0.15	0.18
34	-1.63	0.0	-83.6	-166.8	3.27	3.24	0.01	0.33
35	-4.56	-166.8	-59.7	54.3	-0.83	-0.94	0.33	0.83
36	-5.51	54.3	28.4	2.8	1.02	0.99	0.83	0.97
37	-6.06	2.8	-43.0	-53.4	0.22	-0.03	0.97	2.36
38	-5.94	-53.4	-28.5	31.9	-0.03	-0.27	2.36	2.29
39	-6.05	31.9	36.6	41.7	-0.18	-0.20	2.29	2.32
40	-5.92	41.7	-20.7	-47.7	0.28	0.03	2.32	3.27
41	-5.80	-47.7	-39.4	4.4	0.03	-0.22	3.27	2.95
42	-5.30	4.4	20.6	37.2	-0.63	-0.65	2.95	2.90
43	-5.32	37.2	-3.8	-9.3	0.21	-0.04	2.90	2.97
44	-5.20	-9.3	20.4	85.5	-0.04	-0.29	2.97	3.12
45	-4.45	85.5	113.4	141.5	-1.08	-1.10	3.12	3.35
46	-4.80	141.5	-115.7	-337.4	0.96	0.72	3.35	7.3
47	-4.18	-337.4	-243.3	-113.7	-0.27	-0.52	7.3	3.08
48	-2.81	-113.7	-57.0	0.0	-2.21	-2.23	3.08	2.28
49	-3.47	0.0	-23.0	-45.8	0.90	0.88	2.28	2.48
50	-4.08	-45.8	-67.4	-58.9	0.14	-0.09	2.48	3.17
51	-4.19	-58.9	-20.2	48.7	-0.09	-0.32	3.17	2.40
52	-4.07	48.7	35.6	22.8	0.52	0.49	2.40	2.39
53	-4.33	22.8	-21.7	-36.1	0.23	-0.00	2.39	2.59
54	-4.44	-36.1	-20.3	25.8	-0.00	-0.23	2.59	2.01
55	-4.49	25.8	27.4	29.3	-0.08	-0.08	2.01	1.99

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)



## Engineering for Truss N3

Company:	FRAMECAD		
Project:		Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
		Tab Name:	Truss.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	3

Member Forces LC24 (1.2G + 1.6P)								
ID	Axial (kN)	Moment A (N.m)	Moment B (N.m)	Moment C (N.m)	Shear A (kN)	Shear C (kN)	Disp A (mm)	Disp C (mm)
56	-4.21	29.3	-19.5	-38.1	0.24	0.01	1.99	2.09
57	-4.32	-38.1	-26.6	15.2	0.01	-0.22	2.09	1.35
58	-4.39	15.2	39.3	63.6	-0.93	-0.98	1.35	1.31
59	-2.60	63.6	-17.1	-67.7	0.36	0.13	1.31	1.68
60	-2.71	-67.7	-88.1	-78.2	0.13	-0.09	1.68	0.33
61	-1.49	-78.2	1.9	82.3	-3.12	-3.14	0.33	0.04
62	0.24	82.3	73.7	65.4	0.34	0.32	0.04	0.10
63	0.22	65.4	29.2	-0.6	0.32	0.22	0.10	0.15
64	0.17	-0.6	-1.8	-2.8	0.05	0.03	0.15	0.15
65	0.14	-2.8	-4.0	1.7	0.04	-0.07	0.15	0.18
66	0.02	1.7	0.7	0.0	0.04	0.02	0.18	0.18
67	-3.65	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.01
68	5.04	0.0	-0.1	0.0	0.00	-0.00	0.33	0.63
69	-2.19	0.0	-0.1	0.0	0.00	-0.00	0.82	0.83
70	0.98	0.0	-0.6	0.0	0.00	-0.00	0.97	1.71
71	-0.20	0.0	-1.6	0.0	0.01	-0.01	1.78	2.29
72	-0.49	0.0	-1.6	0.0	0.01	-0.01	2.32	2.70
73	0.60	0.0	-3.8	0.0	0.01	-0.01	2.70	2.95
74	-0.86	0.0	-3.9	0.0	0.01	-0.01	2.90	3.06
75	1.04	0.0	-7.1	0.0	0.02	-0.02	3.06	3.12
76	-2.11	0.0	-7.3	0.0	0.02	-0.02	3.35	3.35
77	2.14	0.0	-11.6	0.0	0.02	-0.02	3.21	3.08
78	0.92	0.0	-11.5	0.0	0.02	-0.02	2.48	2.45
79	-0.85	0.0	-7.5	0.0	0.02	-0.02	2.49	2.40
80	0.34	0.0	-7.3	0.0	0.02	-0.02	2.39	2.24
81	-0.17	0.0	-4.2	0.0	0.01	-0.01	2.22	2.01
82	-0.47	0.0	-4.1	0.0	0.01	-0.01	1.99	1.72

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)



## Engineering for Truss N3

Company:	FRAMECAD		
Project:		Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
		Tab Name:	Truss.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	4

Member Forces LC24 (1.2G + 1.6P)								
ID	Axial (kN)	Moment A (N.m)	Moment B (N.m)	Moment C (N.m)	Shear A (kN)	Shear C (kN)	Disp A (mm)	Disp C (mm)
83	0.72	0.0	-2.0	0.0	0.01	-0.01	1.88	1.35
84	-2.27	0.0	-1.9	0.0	0.01	-0.01	1.31	0.89
85	3.29	0.0	-0.7	0.0	0.00	-0.00	0.73	0.33
86	-3.89	0.0	-0.3	0.0	0.00	-0.00	0.00	0.04
87	-0.01	0.0	-0.2	0.0	0.00	-0.00	0.10	0.11
88	0.16	0.0	-0.1	0.0	0.00	-0.00	0.14	0.15
89	-0.00	0.0	-0.1	0.0	0.00	-0.00	0.15	0.15
90	-0.15	0.0	-0.1	0.0	0.00	-0.00	0.15	0.18
91	0.02	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.18	0.18

 Engineering for Truss N3

Company: FRAMECAD  
 Project: Dwg Name: Diseno Ruitoque\_7  
 Tab Name: Truss.1  
 Detailer: Alexander Beltran  
 Print Date: 24-09-2019  
 Job Number: Page No: 1

**Code Status LC24 (1.2G + 1.6P)**

ID	Shear $\Phi V/n$ (%)	Tension $\Phi T/n$ (%)	Comp Sec $\Phi cPn0$ (%)	Comp Mem $\Phi cPn$ (%)	Bend Sec $\Phi bMnx0$ (%)	Bend Mem $\Phi bMnx$ (%)	Shear + Bend $\Phi vVn + \Phi bMnx0$ (%)	Tens + Bend $\Phi tTn + \Phi bMnx0$ (%)	Comp+Bend Mem $\Phi cPn + \Phi bMnx$ (%)	Deflection $\Delta$ (%)
1	1.7	0.0	0.0	0.0	12.9	10.9	10.5	10.4	10.4	0.0
2	15.7	8.7	0.0	0.0	14.9	12.6	15.7	9.9	1.3	0.0
3	1.0	8.7	0.0	0.0	25.3	12.6	15.0	23.6	12.6	0.0
4	1.3	8.7	0.0	0.0	5.5	5.8	5.7	14.2	5.5	0.0
5	1.8	10.4	0.0	0.0	2.8	2.9	2.3	11.8	1.4	0.0
6	0.5	10.6	0.0	0.0	3.6	3.8	3.6	14.2	3.6	0.0
7	0.4	10.6	0.0	0.0	3.6	3.8	3.6	14.2	3.6	0.0
8	3.6	10.1	0.0	0.0	3.9	4.2	3.8	11.4	1.3	0.0
9	0.6	9.7	0.0	0.0	4.9	4.2	4.0	13.6	3.9	0.0
10	0.3	9.7	0.0	0.0	3.3	2.7	2.6	12.2	2.5	0.0
11	6.4	9.1	0.0	0.0	7.8	8.3	7.1	12.1	3.0	0.0
12	1.1	8.5	0.0	0.0	9.8	8.3	7.9	16.4	7.8	0.0
13	0.7	8.5	0.0	0.0	24.8	12.4	14.7	23.2	12.4	0.0
14	15.1	7.5	0.0	0.0	14.6	12.4	15.2	8.9	1.4	0.0
15	0.6	6.6	0.0	0.0	12.2	10.3	9.8	16.4	9.8	0.0
16	0.3	6.6	0.0	0.0	6.7	5.6	5.4	12.0	5.3	0.0
17	6.5	7.0	0.0	0.0	5.3	5.6	6.5	7.5	0.5	0.0
18	0.3	7.4	0.0	0.0	8.3	4.4	4.9	12.3	4.4	0.0
19	0.7	7.4	0.0	0.0	3.8	3.3	3.2	10.5	3.1	0.0
20	1.8	7.6	0.0	0.0	3.1	3.3	2.5	9.3	1.8	0.0
21	0.4	7.6	0.0	0.0	2.5	2.7	2.6	10.2	2.5	0.0
22	0.4	7.6	0.0	0.0	2.5	2.7	2.5	10.2	2.5	0.0
23	3.8	7.4	0.0	0.0	5.3	5.6	4.5	9.8	2.5	0.0
24	1.0	6.7	0.0	0.0	6.6	5.3	5.4	12.0	5.3	0.0
25	0.6	6.7	0.0	0.0	20.4	10.2	12.1	18.8	10.2	0.0
26	15.0	4.7	0.0	0.0	12.1	12.5	15.0	5.3	0.6	0.0
27	1.0	0.0	0.3	0.2	14.8	12.5	11.9	11.8	12.1	0.0

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)



## Engineering for Truss N3

Company:	FRAMECAD		
Project:		Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
		Tab Name:	Truss.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	2

Code Status LC24 (1.2G + 1.6P)											
ID	Shear $\Phi V/n$ (%)	Tension $\Phi T/n$ (%)	Comp Sec $\Phi cP/n$ (%)	Comp Mem $\Phi cP/n$ (%)	Bend Sec $\Phi bM/nx$ (%)	Bend Mem $\Phi bM/nx$ (%)	Shear + Bend $\Phi vV/n + \Phi bM/nx$ (%)	Tens + Bend $\Phi tT/n + \Phi bM/nx$ (%)	Comp+Bend Mem $\Phi cP/n + \Phi bM/nx$ (%)	Deflection $\Delta$ (%)	
28	0.8	0.0	0.3	0.2	7.1	6.0	7.1	7.1	6.2	0.0	
29	0.3	0.0	0.3	0.2	2.8	2.2	2.1	2.1	2.3	0.0	
30	0.4	0.0	0.3	0.2	3.0	2.8	2.4	2.4	2.6	0.0	
31	0.7	0.0	0.6	0.4	3.4	2.8	2.8	2.7	3.1	0.0	
32	0.6	0.0	0.6	0.4	0.7	0.6	0.6	0.2	0.6	0.0	
33	0.2	0.0	0.0	0.0	1.1	0.6	0.7	0.7	0.6	0.0	
34	24.6	0.0	8.0	5.0	36.7	38.7	30.7	18.4	23.3	0.0	
35	7.1	0.0	22.5	14.2	45.9	38.7	37.4	36.7	50.8	0.0	
36	7.6	0.0	27.1	16.8	13.6	11.5	9.5	5.7	22.5	0.0	
37	1.7	0.0	29.8	23.9	14.7	12.4	14.8	14.7	36.3	0.0	
38	2.1	0.0	29.2	23.4	14.7	12.4	14.8	14.7	35.8	0.0	
39	1.5	0.0	29.8	18.4	10.4	8.8	7.5	7.3	25.8	0.0	
40	2.1	0.0	29.2	23.3	17.6	11.1	13.3	13.1	34.4	0.0	
41	1.6	0.0	28.6	22.9	13.2	11.1	13.3	13.2	34.0	0.0	
42	4.9	0.0	26.1	16.2	9.3	7.9	6.4	4.1	20.3	0.0	
43	1.5	0.0	26.2	20.9	15.7	7.9	9.4	9.3	28.8	0.0	
44	2.2	0.0	25.6	20.5	36.2	18.1	21.5	21.4	38.5	0.0	
45	8.3	0.0	21.9	13.6	35.4	29.9	24.1	22.7	36.2	0.0	
46	7.2	0.0	23.6	18.9	92.8	78.3	93.0	92.8	97.2	0.0	
47	3.9	0.0	20.6	16.5	92.8	78.3	92.8	92.8	94.8	0.0	
48	16.8	0.0	13.8	8.6	25.0	26.4	20.9	12.5	21.1	0.0	
49	8.8	0.0	17.1	10.6	10.1	10.6	8.5	5.1	15.6	0.0	
50	1.0	0.0	20.1	15.6	18.5	15.7	18.6	18.5	31.3	0.0	
51	2.4	0.0	20.6	16.0	20.6	13.7	16.4	16.2	29.7	0.0	
52	3.9	0.0	20.0	12.4	12.2	10.3	8.1	7.1	19.5	0.0	
53	1.7	0.0	21.4	16.6	9.9	8.4	10.1	9.9	25.0	0.0	

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)

 Engineering for Truss N3

Company: FRAMECAD  
 Project: Dwg Name: Diseno Ruitoque\_7  
 Tab Name: Truss.1  
 Detailer: Alexander Beltran  
 Print Date: 24-09-2019  
 Job Number: Page No: 3

**Code Status LC24 (1.2G + 1.6P)**

ID	Shear $\Phi V/n$ (%)	Tension $\Phi T/n$ (%)	Comp Sec $\Phi cPn$ (%)	Comp Mem $\Phi cPn$ (%)	Bend Sec $\Phi bMnx$ (%)	Bend Mem $\Phi bMnx$ (%)	Shear + Bend $\Phi vVn + \Phi bMnx$ (%)	Tens + Bend $\Phi tTn + \Phi bMnx$ (%)	Comp+Bend Mem $\Phi cPn + \Phi bMnx$ (%)	Deflection $\Delta$ (%)
54	1.7	0.0	21.9	17.0	10.9	8.4	10.1	9.9	25.4	0.0
55	0.8	0.0	22.1	13.7	7.3	6.2	5.5	5.5	19.2	0.0
56	1.8	0.0	20.8	16.1	12.4	8.9	10.6	10.5	25.0	0.0
57	1.8	0.0	21.3	16.8	10.5	8.9	10.6	10.5	25.4	0.0
58	7.2	0.0	21.6	13.4	15.9	13.4	10.6	7.9	21.2	0.0
59	2.7	0.0	12.8	10.0	26.9	15.7	18.8	18.6	25.7	0.0
60	1.0	0.0	13.4	10.4	24.2	20.4	24.2	24.2	30.8	0.0
61	23.8	0.0	7.3	4.5	20.6	17.4	23.8	0.4	4.9	0.0
62	2.6	0.5	0.0	0.0	20.6	17.4	15.0	15.2	14.7	0.0
63	2.4	0.4	0.0	0.0	27.7	13.8	16.5	18.8	13.8	0.0
64	0.4	0.3	0.0	0.0	0.6	0.7	0.6	0.7	0.4	0.0
65	0.5	0.3	0.0	0.0	1.1	1.0	1.2	1.3	1.0	0.0
66	0.3	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.4	0.2	0.1	0.0
67	0.0	0.0	18.0	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	0.0
68	0.0	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	0.0	0.0
69	0.0	0.0	10.8	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	0.0
70	0.0	1.9	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	2.0	0.1	0.0
71	0.1	0.0	1.0	0.8	0.3	0.3	0.3	0.3	1.1	0.0
72	0.1	0.0	2.4	1.9	0.3	0.3	0.3	0.3	2.2	0.0
73	0.1	1.2	0.0	0.0	0.8	0.9	0.8	1.9	0.8	0.0
74	0.1	0.0	4.2	4.8	0.8	0.9	0.8	0.8	5.6	0.0
75	0.1	2.0	0.0	0.0	1.4	2.1	1.4	3.4	1.7	0.0
76	0.1	0.0	10.4	19.1	1.5	2.1	1.5	1.5	21.1	0.0
77	0.1	4.1	0.0	0.0	2.3	4.7	2.3	6.4	4.0	0.0
78	0.1	1.8	0.0	0.0	2.3	4.6	2.3	4.1	3.9	0.0
79	0.1	0.0	4.2	7.9	1.5	2.2	1.5	1.5	9.9	0.0

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)



## Engineering for Truss N3

Company:	FRAMECAD		
Project:		Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
		Tab Name:	Truss.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	4

Code Status LC24 (1.2G + 1.6P)											
ID	Shear $\Phi_{v/n}$ (%)	Tension $\Phi_{t/n}$ (%)	Comp Sec $\Phi_{c/pn}$ (%)	Comp Mem $\Phi_{c/pn}$ (%)	Bend Sec $\Phi_{b/mnx}$ (%)	Bend Mem $\Phi_{b/mnx}$ (%)	Shear + Bend $\Phi_{v/n} + \Phi_{b/mnx}$ (%)	Tens + Bend $\Phi_{t/n} + \Phi_{b/mnx}$ (%)	Comp+Bend Mem $\Phi_{c/pn} + \Phi_{b/mnx}$ (%)	Deflection $\Delta$ (%)	
80	0.1	0.7	0.0	0.0	1.5	2.1	1.5	2.1	1.8	0.0	
81	0.1	0.0	0.9	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8	1.9	0.0	
82	0.1	0.0	2.3	2.7	0.8	1.0	0.8	0.8	3.5	0.0	
83	0.1	1.4	0.0	0.0	0.4	0.4	0.4	1.8	0.4	0.0	
84	0.1	0.0	11.2	9.1	0.4	0.4	0.4	0.4	9.5	0.0	
85	0.0	6.3	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	6.5	0.1	0.0	
86	0.0	0.0	19.2	12.3	0.1	0.1	0.1	0.1	12.4	0.0	
87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	
88	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	
89	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
90	0.0	0.0	0.7	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	
91	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

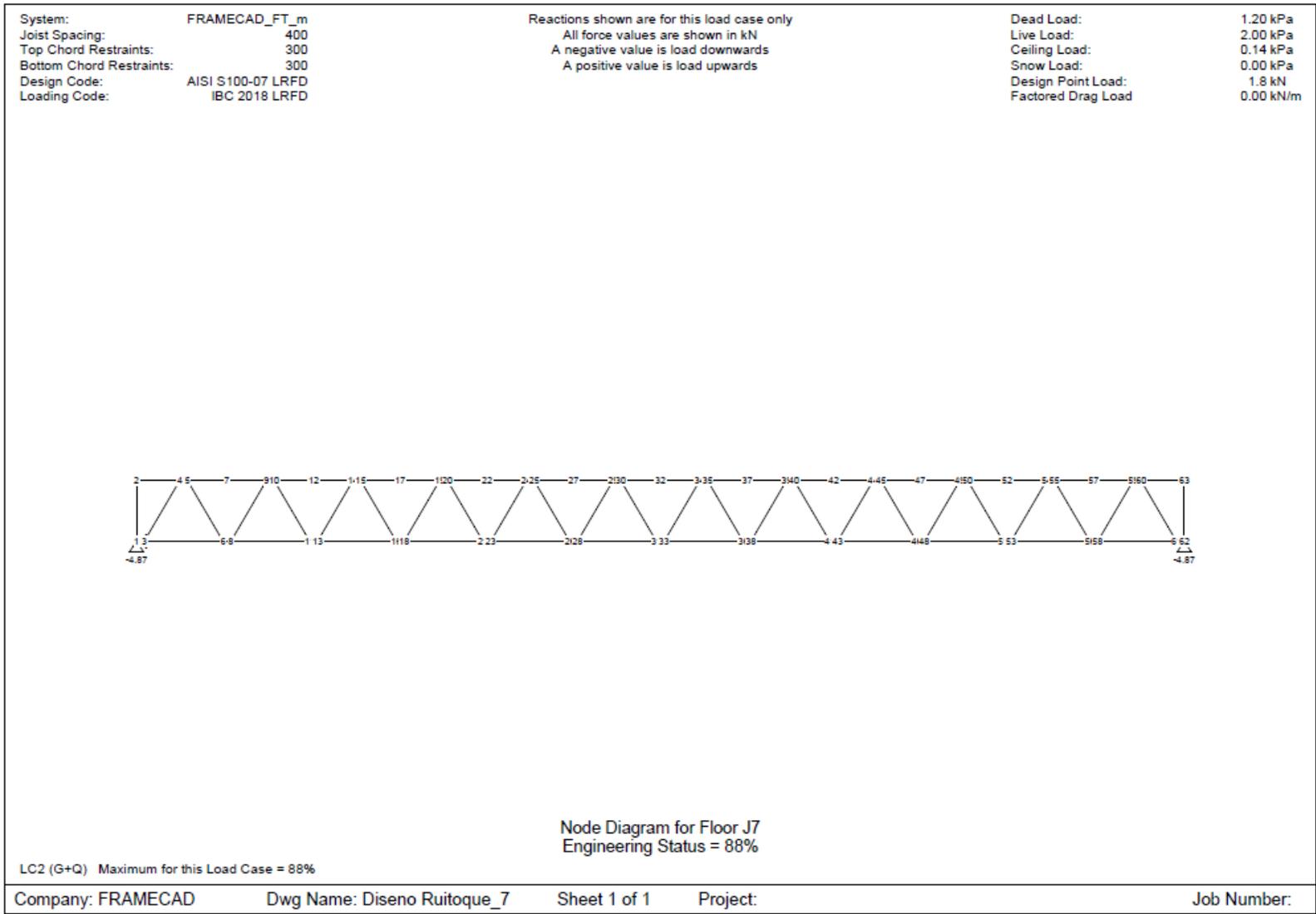
System: FRAMECAD_FT_m Joist Spacing: 400 Top Chord Restraints: 300 Bottom Chord Restraints: 300 Design Code: AISI S100-07 LRFD Loading Code: IBC 2018 LRFD	Reactions shown are the maximum of all load cases All force values are shown in kN A negative value is load downwards A positive value is load upwards	Dead Load: 1.20 kPa Live Load: 2.00 kPa Ceiling Load: 0.14 kPa Snow Load: 0.00 kPa Design Point Load: 1.8 kN Factored Drag Load: 0.00 kN/m
---	---	---

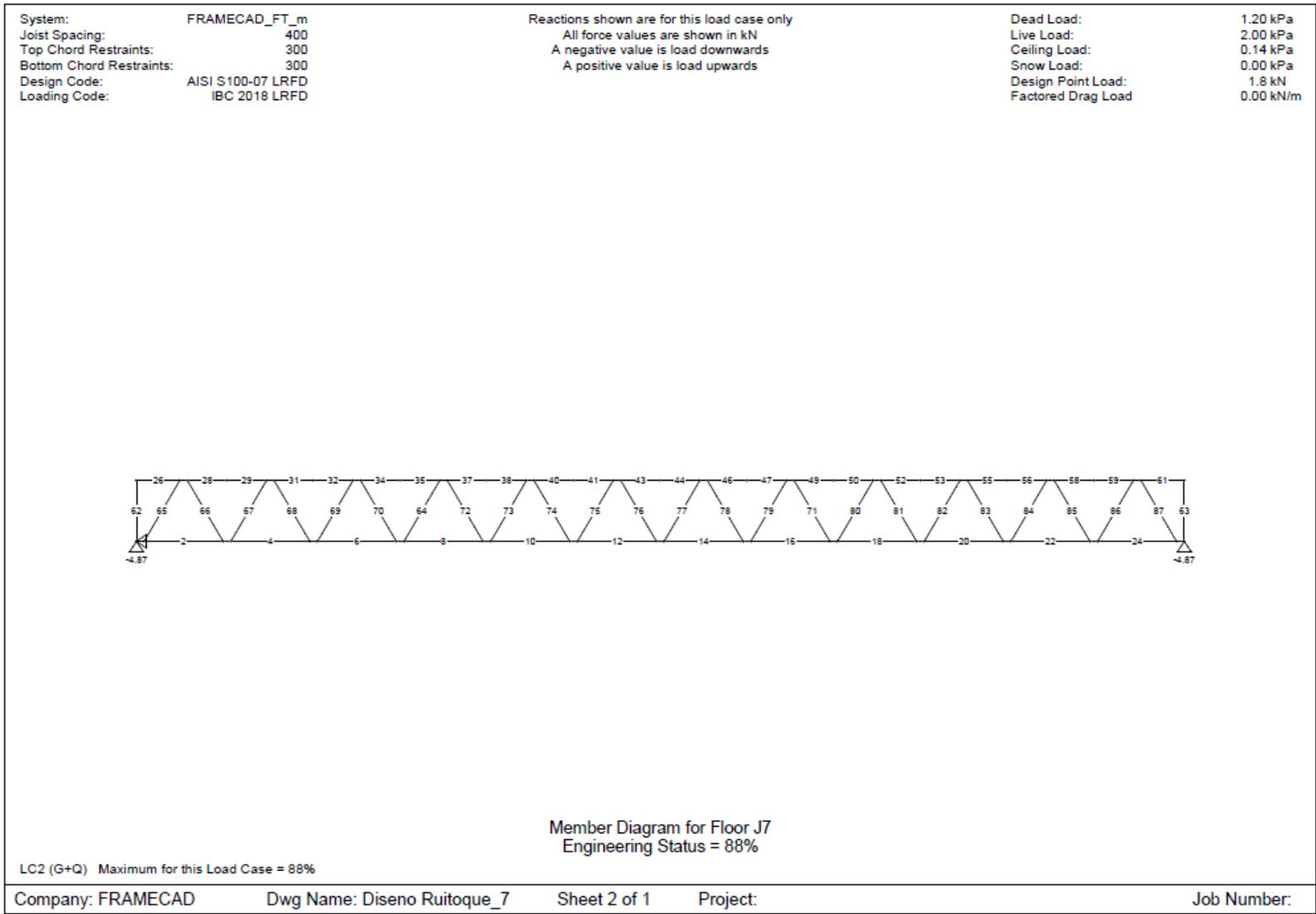
  
  

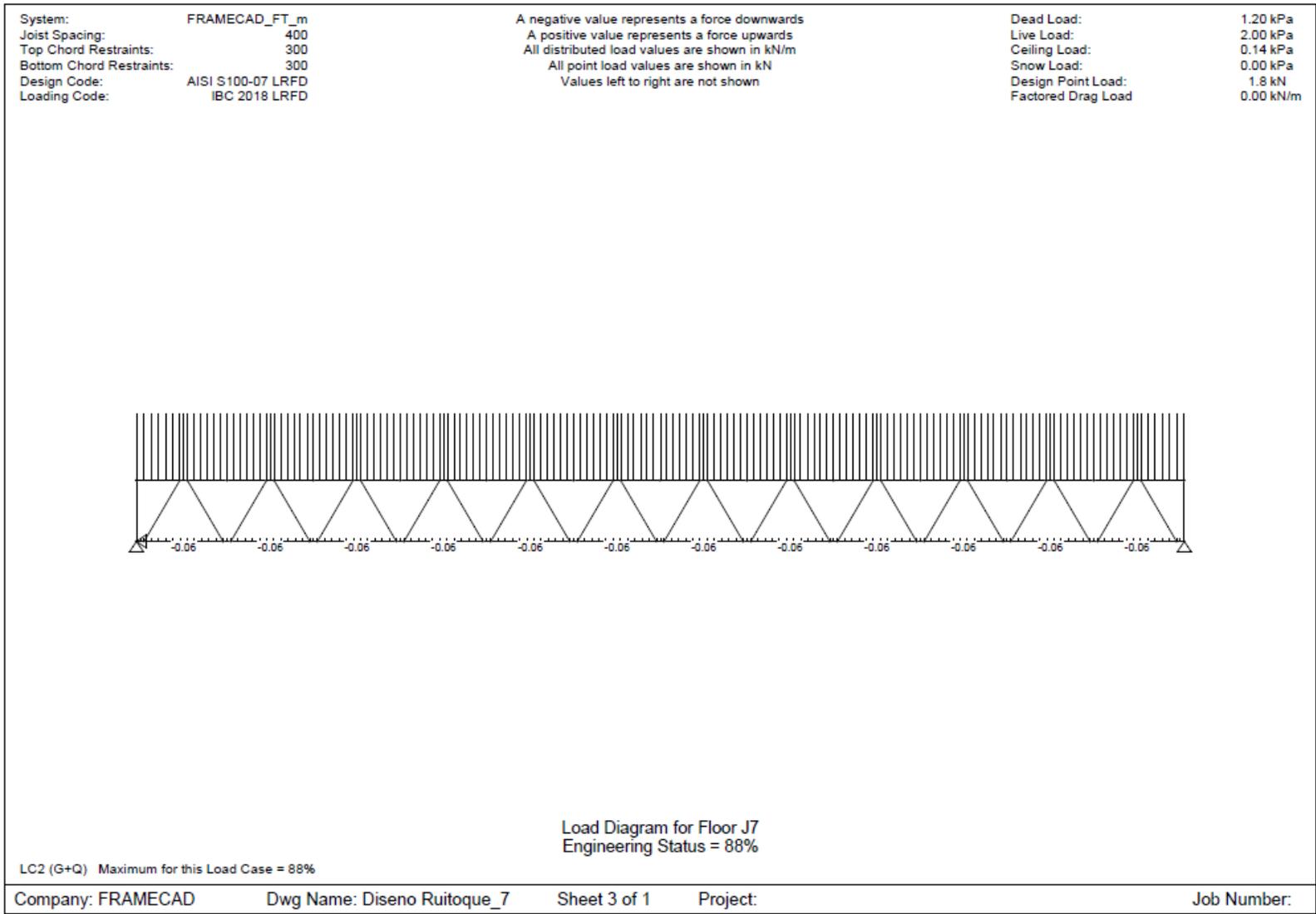
Summary for Floor J7  
 Engineering Status = 88%

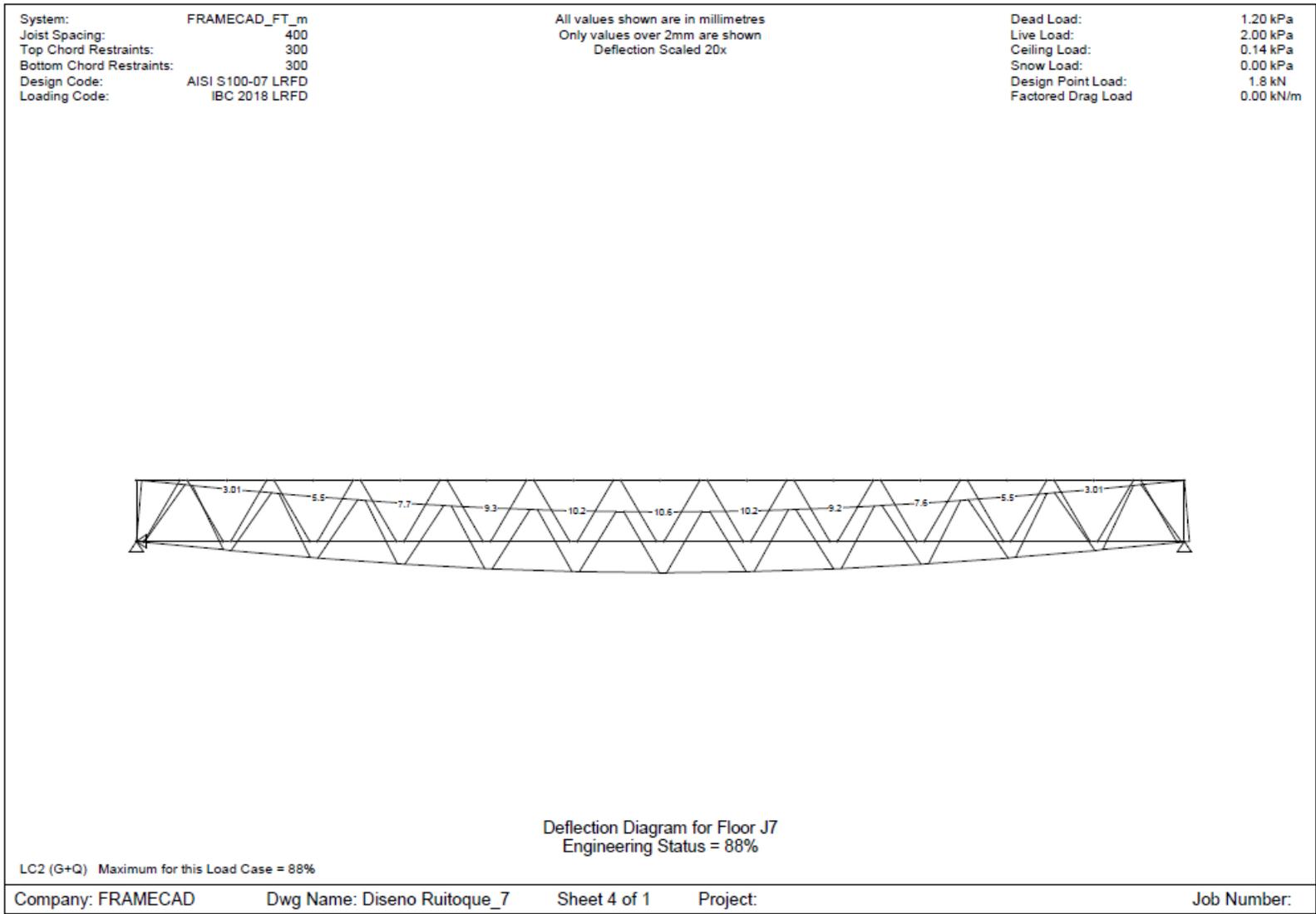
LC1 (Q)	51%	LC5 (1.2G+1.6P)	30%	LC9 (1.2G+1.6P)	34%	LC13 (1.2G+1.6P)	28%
LC2 (G+Q)	88%	LC6 (1.2G+1.6P)	27%	LC10 (1.2G+1.6P)	34%	LC14 (1.2G+1.6P)	25%
LC3 (1.2G+1.6Q)	62%	LC7 (1.2G+1.6P)	30%	LC11 (1.2G+1.6P)	32%	LC15 (1.2G+1.6P)	25%
LC4 (1.2G+1.6P)	24%	LC8 (1.2G+1.6P)	32%	LC12 (1.2G+1.6P)	30%		

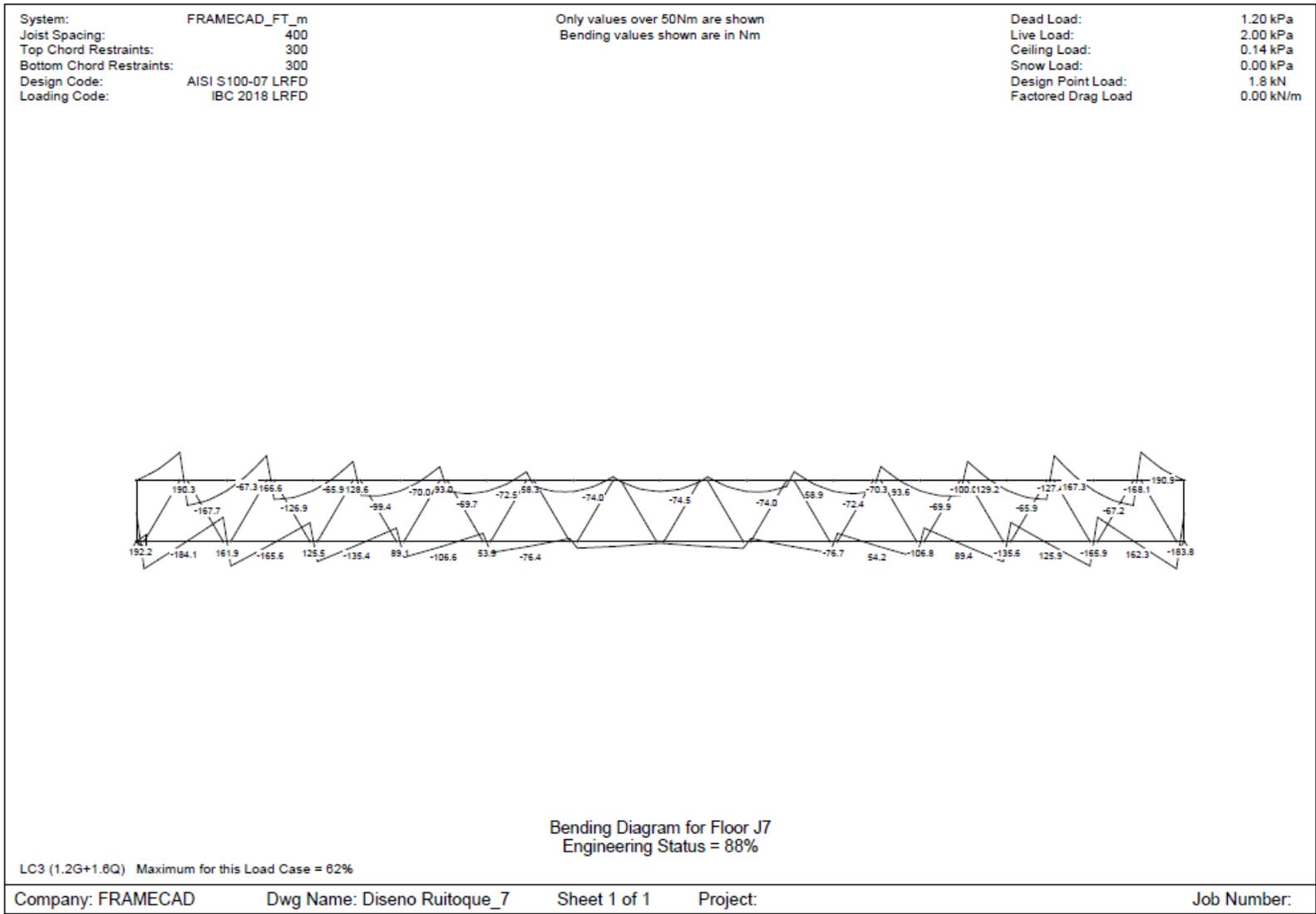
Company: FRAMECAD	Dwg Name: Diseno Ruitoque_7	Sheet 1 of 1	Project:	Job Number:
-------------------	-----------------------------	--------------	----------	-------------

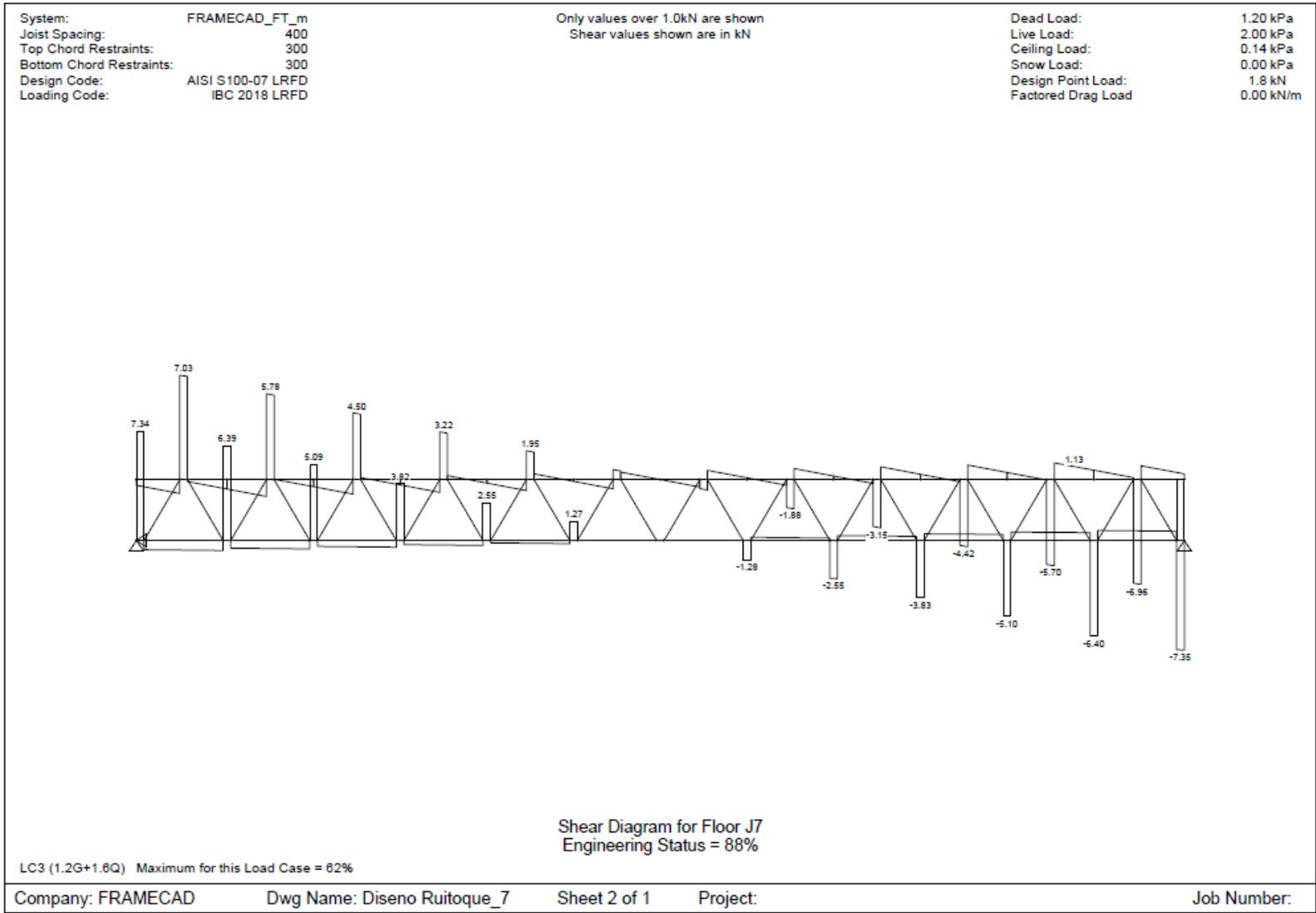


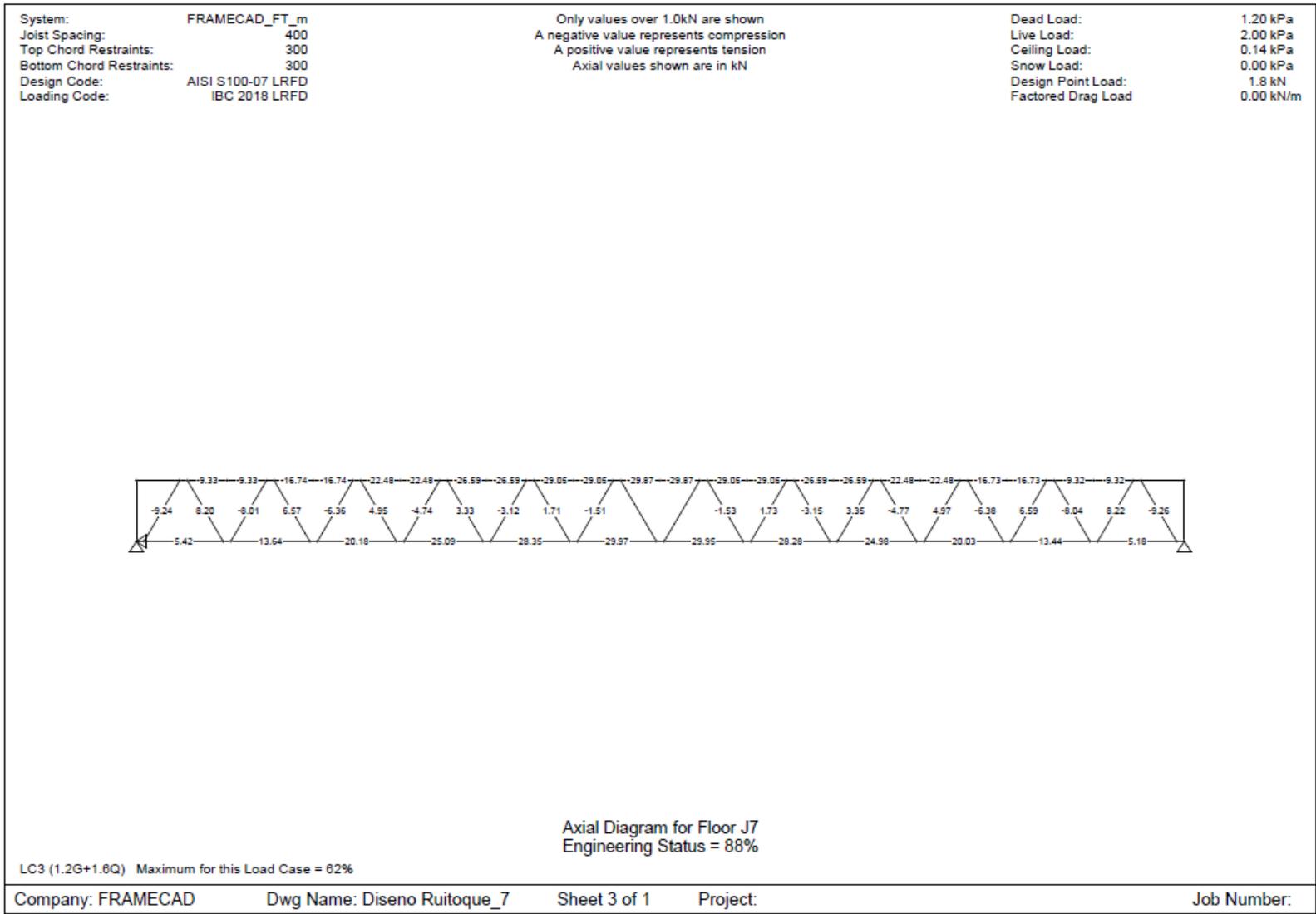














## Engineering for Floor

Company:	FRAMECAD	Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
Project:		Tab Name:	Floor.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	1

Node Results Report for LC2 (G+Q)							
ID	X Displacement (mm)	Y Displacement (mm)	Resultant (mm)	Max X Reaction (kN)	Max Y Reaction (kN)	Joint Load (kN)	Joint Capacity (kN)
1	0.00	0.00	0.00	0.23	-4.87	0.56	16.87
2	1.74	0.00	1.74	0.00	0.00	0.33	16.87
3	0.00	-0.29	0.29	0.00	0.00	6.45	16.87
4	1.74	-1.38	2.22	0.00	0.00	6.45	16.87
5	1.74	-1.72	2.44	0.00	0.00	5.73	16.87
6	0.04	-2.77	2.77	0.00	0.00	5.73	16.87
7	1.71	-3.01	3.46	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.04	-3.08	3.08	0.00	0.00	5.59	16.87
9	1.67	-4.10	4.43	0.00	0.00	5.59	16.87
10	1.67	-4.38	4.69	0.00	0.00	4.59	16.87
11	0.13	-5.3	5.3	0.00	0.00	4.59	16.87
12	1.61	-5.5	5.8	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.14	-5.6	5.6	0.00	0.00	4.44	16.87
14	1.56	-6.5	6.7	0.00	0.00	4.44	16.87
15	1.54	-6.7	6.9	0.00	0.00	3.46	16.87
16	0.28	-7.5	7.5	0.00	0.00	3.46	16.87
17	1.47	-7.7	7.8	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.29	-7.7	7.7	0.00	0.00	3.31	16.87
19	1.40	-8.4	8.5	0.00	0.00	3.31	16.87
20	1.38	-8.6	8.7	0.00	0.00	2.33	16.87
21	0.45	-9.1	9.1	0.00	0.00	2.33	16.87
22	1.29	-9.3	9.3	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.47	-9.3	9.3	0.00	0.00	2.18	16.87
24	1.21	-9.7	9.8	0.00	0.00	2.18	16.87
25	1.19	-9.8	9.9	0.00	0.00	1.20	16.87
26	0.66	-10.2	10.2	0.00	0.00	1.20	16.87
27	1.09	-10.2	10.3	0.00	0.00	0.00	0.00
28	0.68	-10.2	10.2	0.00	0.00	1.05	16.87

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)



## Engineering for Floor

Company:	FRAMECAD	Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
Project:		Tab Name:	Floor.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	2

Node Results Report for LC2 (G+Q)									
ID	X Displacement (mm)	Y Displacement (mm)	Resultant (mm)	Max X Reaction (kN)	Max Y Reaction (kN)	Joint Load (kN)	Joint Capacity (kN)		
29	1.00	-10.4	10.5	0.00	0.00	1.05	16.87		
30	0.98	-10.5	10.5	0.00	0.00	0.07	16.87		
31	0.87	-10.5	10.6	0.00	0.00	0.07	16.87		
32	0.88	-10.6	10.6	0.00	0.00	0.00	16.87		
33	0.89	-10.5	10.6	0.00	0.00	0.08	16.87		
34	0.78	-10.5	10.5	0.00	0.00	0.08	16.87		
35	0.76	-10.4	10.4	0.00	0.00	1.06	16.87		
36	1.09	-10.2	10.3	0.00	0.00	1.06	16.87		
37	0.67	-10.2	10.3	0.00	0.00	0.00	16.87		
38	1.11	-10.1	10.2	0.00	0.00	1.22	16.87		
39	0.57	-9.8	9.8	0.00	0.00	1.22	16.87		
40	0.56	-9.7	9.7	0.00	0.00	2.20	16.87		
41	1.29	-9.3	9.3	0.00	0.00	2.20	16.87		
42	0.47	-9.2	9.3	0.00	0.00	0.00	16.87		
43	1.31	-9.1	9.2	0.00	0.00	2.35	16.87		
44	0.38	-8.5	8.6	0.00	0.00	2.35	16.87		
45	0.37	-8.4	8.4	0.00	0.00	3.33	16.87		
46	1.47	-7.7	7.8	0.00	0.00	3.33	16.87		
47	0.29	-7.6	7.7	0.00	0.00	0.00	16.87		
48	1.49	-7.5	7.6	0.00	0.00	3.48	16.87		
49	0.22	-6.7	6.7	0.00	0.00	3.48	16.87		
50	0.21	-6.5	6.5	0.00	0.00	4.45	16.87		
51	1.62	-5.6	5.8	0.00	0.00	4.45	16.87		
52	0.15	-5.5	5.5	0.00	0.00	0.00	16.87		
53	1.63	-5.3	5.6	0.00	0.00	4.61	16.87		
54	0.10	-4.37	4.38	0.00	0.00	4.61	16.87		
55	0.09	-4.09	4.09	0.00	0.00	5.61	16.87		

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)



## Engineering for Floor

Company:	FRAMECAD	Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
Project:		Tab Name:	Floor.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	3

Node Results Report for LC2 (G+Q)									
ID	X Displacement (mm)	Y Displacement (mm)	Resultant (mm)	Max X Reaction (kN)	Max Y Reaction (kN)	Joint Load (kN)	Joint Capacity (kN)		
56	1.72	-3.08	3.52	0.00	0.00	5.61	16.87		
57	0.06	-3.01	3.01	0.00	0.00	0.00	0.00		
58	1.72	-2.77	3.26	0.00	0.00	5.75	16.87		
59	0.03	-1.71	1.71	0.00	0.00	5.75	16.87		
60	0.02	-1.37	1.37	0.00	0.00	6.47	16.87		
61	1.76	-0.29	1.78	0.00	0.00	6.47	16.87		
62	1.76	0.00	1.76	0.00	-4.87	0.33	16.87		
63	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.33	16.87		



## Engineering for Floor

Company:	FRAMECAD		
Project:		Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
		Tab Name:	Floor.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	1

Code Compliance Report for LC2 (G+Q)										
ID	Shear $\Phi_v V_n$ (%)	Tension $\Phi_t T_n$ (%)	Comp Sec $\Phi_c P_n$ (%)	Comp Mem $\Phi_c P_n$ (%)	Bend Sec $\Phi_b M_{n,x}$ (%)	Bend Mem $\Phi_b M_{n,x}$ (%)	Shear + Bend $\Phi_v V_n + \Phi_b M_{n,x}$ (%)	Tens + Bend $\Phi_t T_n + \Phi_b M_{n,x}$ (%)	Comp+Bend Mem $\Phi_c P_n + \Phi_b M_{n,x}$ (%)	Deflection $\Delta$ (%)
1	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4
2	2.3	4.6	0.0	0.0	20.8	17.5	20.9	25.4	17.5	23.1
3	21.3	8.1	0.0	0.0	18.7	15.8	21.3	8.2	0.2	25.7
4	1.9	11.5	0.0	0.0	18.7	15.8	18.8	30.2	15.8	44.4
5	17.0	14.3	0.0	0.0	15.3	12.9	17.0	14.7	0.4	46.6
6	1.5	17.0	0.0	0.0	15.3	12.9	15.3	32.2	12.9	62.4
7	12.7	19.1	0.0	0.0	12.0	10.1	12.7	19.9	0.8	64.1
8	1.1	21.1	0.0	0.0	12.0	10.1	12.1	33.1	10.1	76.0
9	8.5	22.5	0.0	0.0	8.6	7.3	8.5	23.5	1.0	77.2
10	0.7	23.8	0.0	0.0	8.6	7.3	8.6	32.4	7.3	84.6
11	4.2	24.6	0.0	0.0	5.1	4.3	4.4	25.7	1.1	85.2
12	0.3	25.2	0.0	0.0	5.1	4.3	5.1	30.3	4.3	87.7
13	0.0	25.2	0.0	0.0	1.5	1.3	1.2	26.4	1.2	87.7
14	0.3	25.2	0.0	0.0	5.1	4.3	5.1	30.3	4.3	87.7
15	4.3	24.5	0.0	0.0	5.1	4.3	4.4	25.6	1.1	85.2
16	0.7	23.8	0.0	0.0	8.6	7.3	8.7	32.4	7.3	84.6
17	8.5	22.4	0.0	0.0	8.6	7.3	8.6	23.4	1.0	77.1
18	1.1	21.0	0.0	0.0	12.0	10.2	12.1	33.0	10.2	75.9
19	12.8	19.0	0.0	0.0	12.0	10.2	12.8	19.7	0.8	64.0
20	1.5	16.8	0.0	0.0	15.3	12.9	15.4	32.1	12.9	62.3
21	17.0	14.1	0.0	0.0	15.3	12.9	17.0	14.5	0.4	46.5
22	1.9	11.3	0.0	0.0	18.7	15.8	18.8	30.0	15.8	44.3
23	21.3	7.9	0.0	0.0	18.7	15.8	21.3	8.0	0.1	25.6
24	2.3	4.4	0.0	0.0	20.7	17.5	20.8	25.1	17.5	23.1
25	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4
26	3.1	0.0	0.7	0.5	21.5	18.1	21.7	21.5	18.6	11.5
27	23.4	0.0	7.4	5.2	21.5	18.1	23.4	0.9	6.2	14.3

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)



## Engineering for Floor

Company:	FRAMECAD			
Project:		Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7	
		Tab Name:	Floor.1	
		Detailer:	Alexander Beltran	
		Print Date:	24-09-2019	
Job Number:		Page No:	2	

Code Compliance Report for LC2 (G+Q)										
ID	Shear $\Phi_v V_n$ (%)	Tension $\Phi_t T_n$ (%)	Comp Sec $\Phi_c P_n$ (%)	Comp Mem $\Phi_c P_n$ (%)	Bend Sec $\Phi_b M_{nx}$ (%)	Bend Mem $\Phi_b M_{nx}$ (%)	Shear + Bend $\Phi_v V_n + \Phi_b M_{nx}$ (%)	Tens + Bend $\Phi_t T_n + \Phi_b M_{nx}$ (%)	Comp+Bend Mem $\Phi_c P_n + \Phi_b M_{nx}$ (%)	Deflection $\Delta$ (%)
28	2.1	0.0	13.4	10.2	19.8	16.7	15.9	15.8	26.0	25.1
29	3.7	0.0	13.4	10.2	18.8	15.9	19.1	18.8	26.1	34.1
30	19.2	0.0	19.3	13.6	18.8	15.9	19.3	1.7	15.3	36.5
31	1.6	0.0	24.1	18.3	15.0	12.6	13.4	13.3	31.0	46.1
32	3.3	0.0	24.1	18.3	14.5	12.2	14.8	14.5	30.5	53.9
33	15.0	0.0	28.8	20.2	14.5	12.2	15.0	1.2	21.5	55.9
34	1.2	0.0	32.4	24.6	11.9	10.4	12.0	11.9	35.0	63.8
35	2.9	0.0	32.4	24.6	10.5	8.8	10.8	10.5	33.4	69.8
36	10.7	0.0	35.9	25.2	10.5	8.8	10.8	1.0	26.2	71.3
37	0.9	0.0	38.3	29.1	10.3	8.7	10.3	10.3	37.8	77.1
38	2.5	0.0	38.3	29.1	8.5	7.2	8.8	8.5	36.3	81.0
39	6.5	0.0	40.6	28.6	6.5	5.5	6.5	0.8	29.3	81.9
40	1.3	0.0	41.9	31.8	9.1	7.7	9.2	9.1	39.5	85.4
41	2.1	0.0	41.9	31.8	8.7	7.3	8.9	8.7	39.1	86.9
42	2.2	0.0	43.0	30.2	2.7	2.3	2.3	0.7	30.9	87.2
43	1.7	0.0	43.0	32.7	8.7	7.4	8.9	8.7	40.0	88.2
44	1.6	0.0	43.0	32.7	8.7	7.4	8.9	8.7	40.0	88.2
45	2.3	0.0	43.0	30.2	2.8	2.4	2.4	0.7	30.9	87.2
46	2.1	0.0	41.9	31.8	8.7	7.3	8.9	8.7	39.1	86.8
47	1.2	0.0	41.9	31.8	9.1	7.7	9.2	9.1	39.5	85.3
48	6.6	0.0	40.6	28.5	6.6	5.6	6.6	0.8	29.3	81.8
49	2.5	0.0	38.3	29.1	8.5	7.2	8.8	8.5	36.2	80.9
50	0.8	0.0	38.3	29.1	10.3	8.7	10.4	10.3	37.8	77.1
51	10.8	0.0	35.9	25.2	10.6	8.9	10.9	1.0	26.2	71.2
52	2.9	0.0	32.4	24.6	10.6	8.9	10.9	10.6	33.5	69.7
53	1.2	0.0	32.4	24.6	11.9	10.4	12.0	11.9	35.0	63.7

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)



## Engineering for Floor

Company:	FRAMECAD		
Project:		Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
		Tab Name:	Floor.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	3

Code Compliance Report for LC2 (G+Q)										
ID	Shear $\Phi_v V_n$ (%)	Tension $\Phi_t T_n$ (%)	Comp Sec $\Phi_c P_n$ (%)	Comp Mem $\Phi_c M_n$ (%)	Bend Sec $\Phi_b M_{n,x}$ (%)	Bend Mem $\Phi_b M_{n,y}$ (%)	Shear + Bend $\Phi_v V_n + \Phi_b M_{n,x}$ (%)	Tens + Bend $\Phi_t T_n + \Phi_b M_{n,y}$ (%)	Comp+Bend Mem $\Phi_c P_n + \Phi_b M_{n,x}$ (%)	Deflection $\Delta$ (%)
54	15.1	0.0	28.8	20.2	14.8	12.3	15.1	1.2	21.5	55.8
55	3.3	0.0	24.1	18.3	14.8	12.3	14.9	14.6	30.6	53.8
56	1.6	0.0	24.1	18.3	15.0	12.7	13.4	13.3	31.0	46.0
57	19.3	0.0	19.3	13.6	18.9	15.9	19.4	1.7	15.3	36.5
58	3.8	0.0	13.4	10.2	18.9	15.9	19.2	18.9	26.1	34.1
59	2.1	0.0	13.4	10.2	19.8	16.7	16.0	15.9	26.1	25.1
60	23.5	0.0	7.4	5.2	21.5	18.2	23.5	1.0	6.2	14.3
61	3.1	0.0	0.7	0.5	21.5	18.2	21.8	21.5	18.7	11.4
62	1.6	0.3	0.0	0.0	17.4	18.3	17.4	17.7	17.4	0.0
63	1.6	0.3	0.0	0.0	22.8	19.3	22.9	23.1	19.3	0.0
64	0.0	0.0	8.8	5.1	0.1	0.1	0.1	0.1	5.1	0.0
65	0.0	0.0	13.3	9.9	0.1	0.1	0.1	0.1	9.9	0.0
66	0.0	8.9	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	7.0	0.1	0.0
67	0.0	0.0	11.5	8.6	0.1	0.1	0.1	0.1	8.6	0.0
68	0.0	5.5	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	5.6	0.1	0.0
69	0.0	0.0	9.2	6.8	0.1	0.1	0.1	0.1	6.9	0.0
70	0.0	4.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	4.2	0.1	0.0
71	0.0	0.0	4.5	3.4	0.1	0.1	0.1	0.1	3.4	0.0
72	0.0	2.8	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	2.9	0.1	0.0
73	0.0	0.0	4.5	3.3	0.1	0.1	0.1	0.1	3.4	0.0
74	0.0	1.4	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	1.5	0.1	0.0
75	0.0	0.0	2.2	1.6	0.1	0.1	0.1	0.1	1.7	0.0
76	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0
77	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0
78	0.0	0.0	2.2	1.6	0.1	0.1	0.1	0.1	1.7	0.0
79	0.0	1.5	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	1.5	0.1	0.0

FRAMECAD Structure (Version 9.1.1.5)

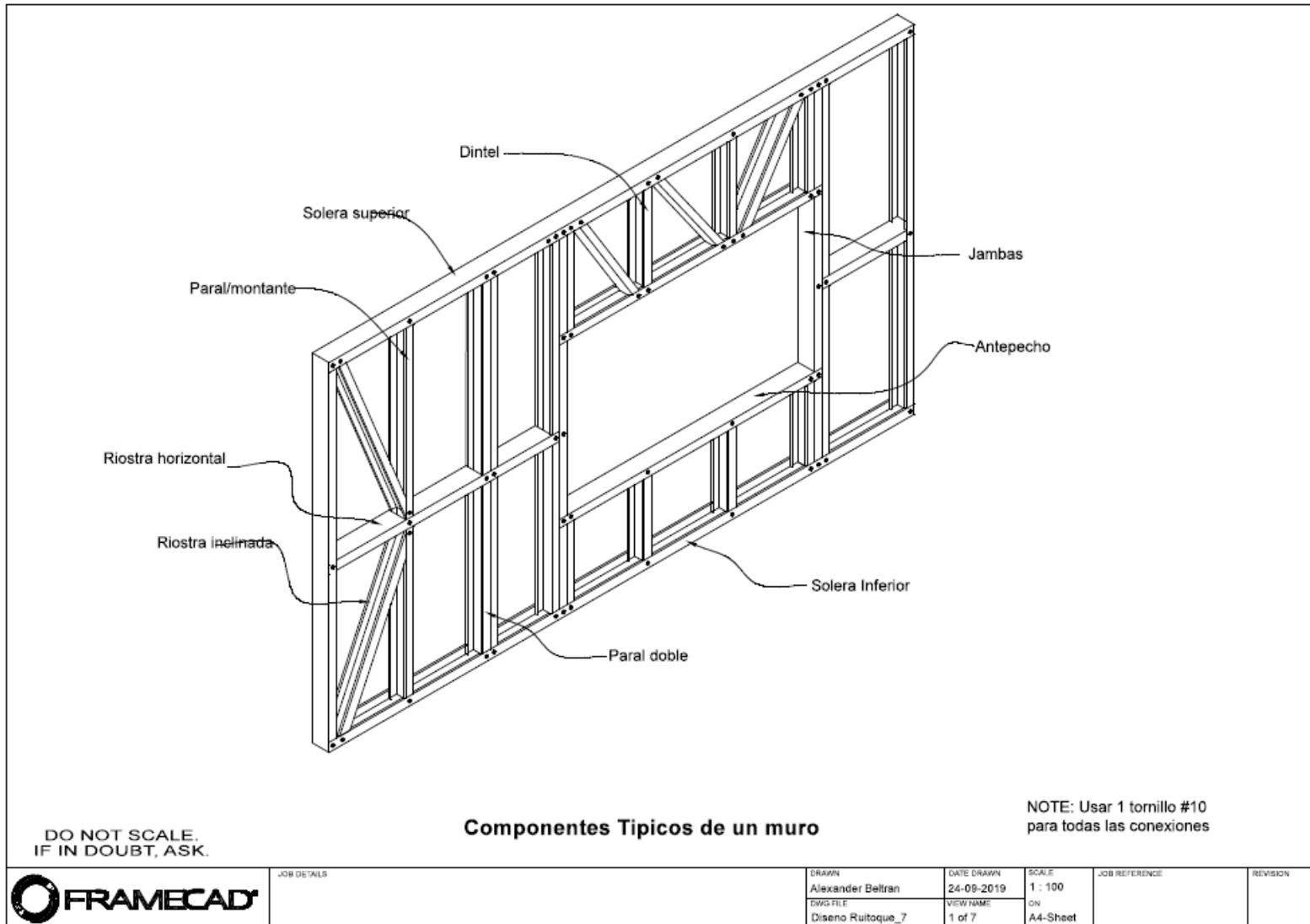


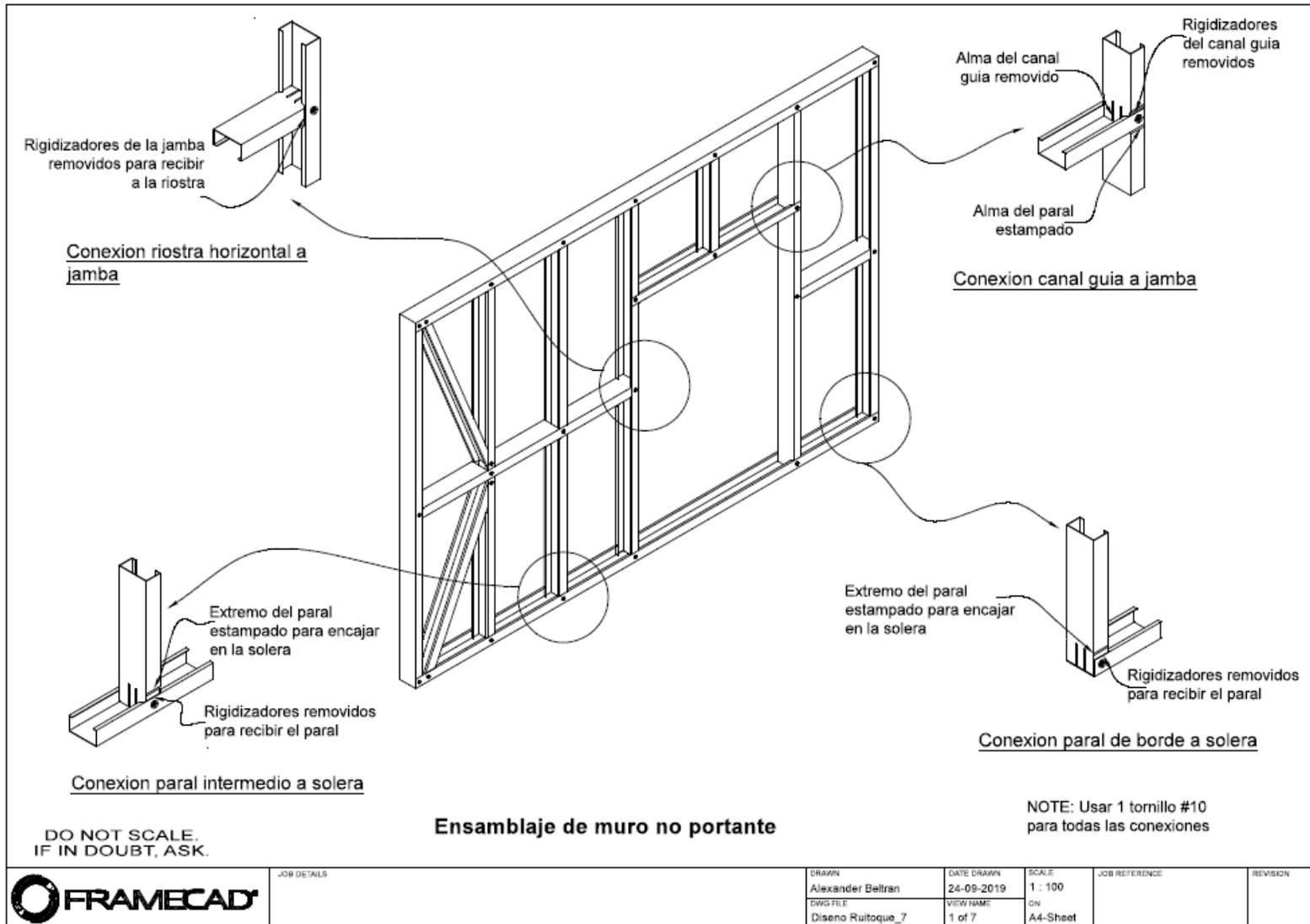
Engineering for Floor

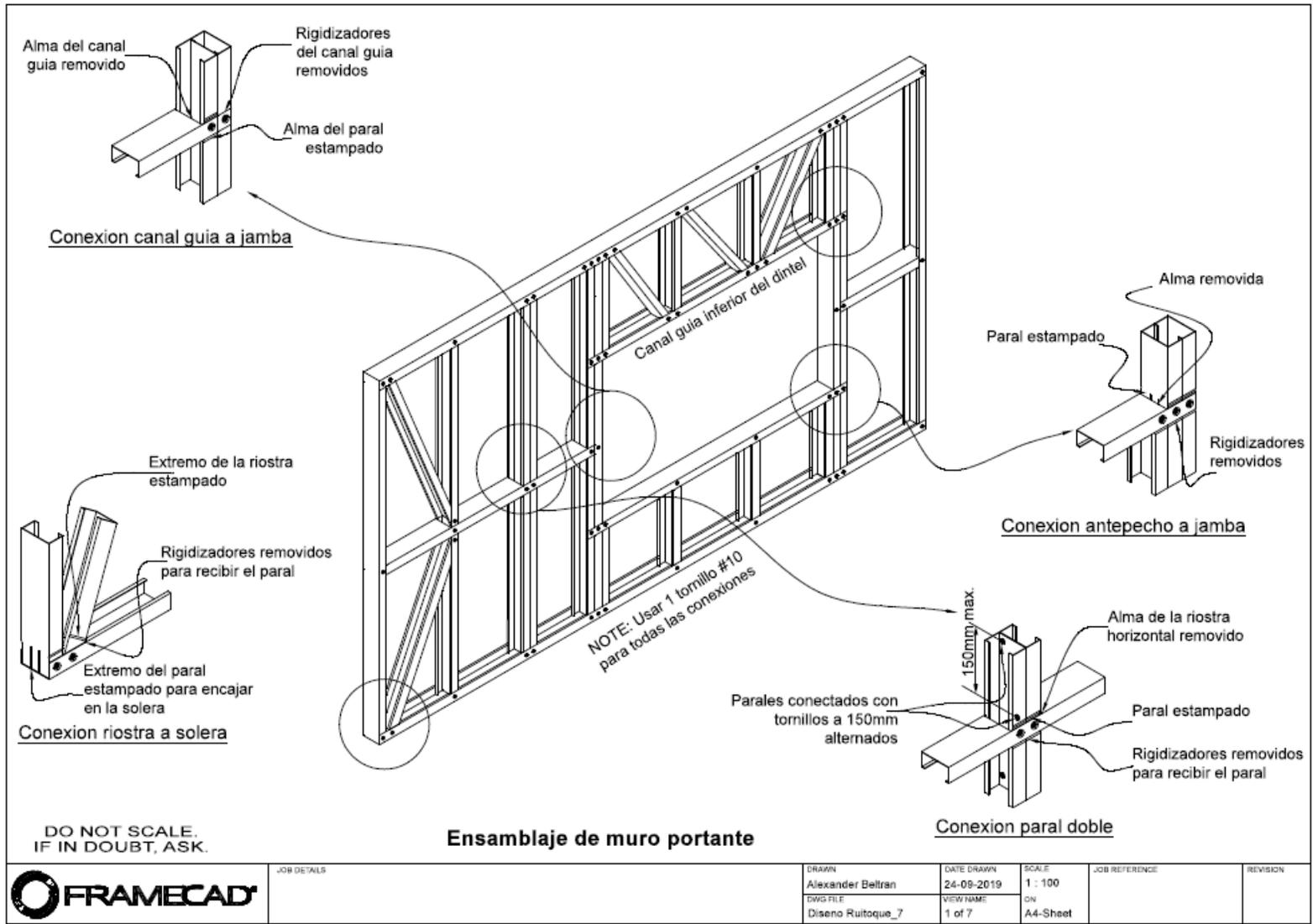
Company:	FRAMECAD	Dwg Name:	Diseno Ruitoque_7
Project:		Tab Name:	Floor.1
		Detailer:	Alexander Beltran
		Print Date:	24-09-2019
Job Number:		Page No:	4

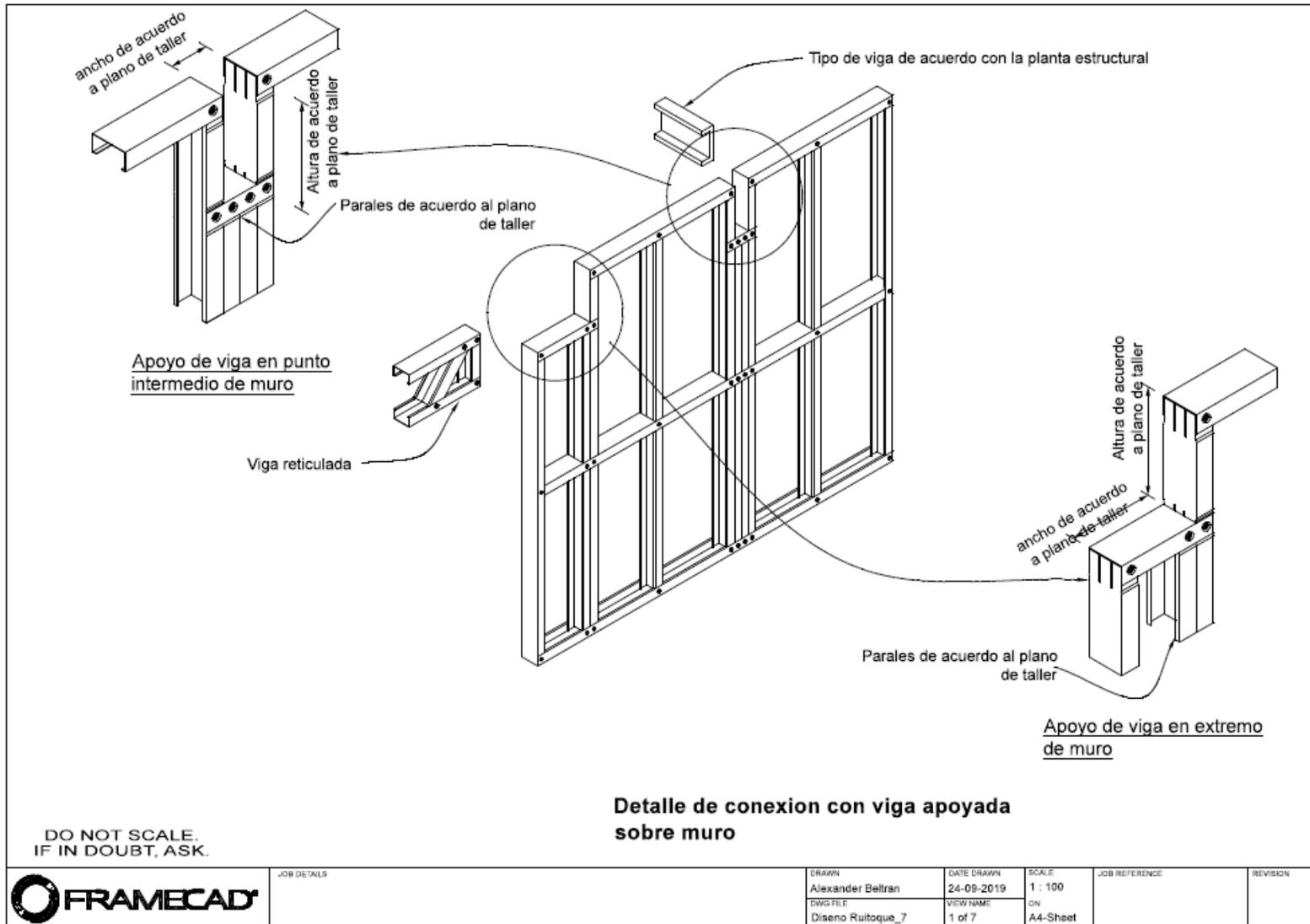
**Code Compliance Report for LC2 (G+Q)**

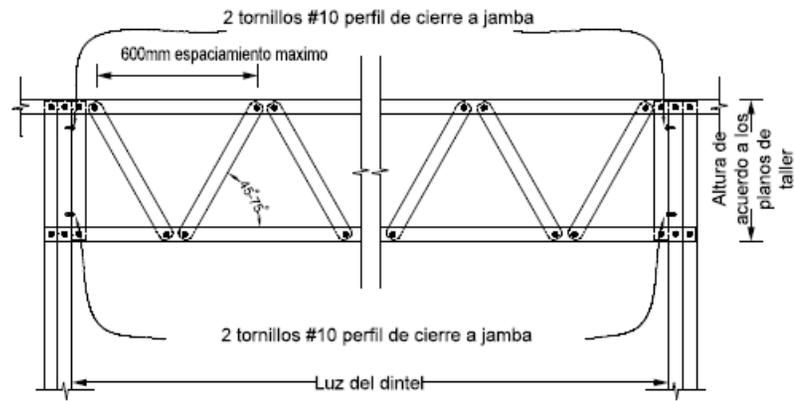
ID	Shear $\Phi_v V_n$ (%)	Tension $\Phi_t T_n$ (%)	Comp Sec $\Phi_c P_n$ (%)	Comp Mem $\Phi_c M_n$ (%)	Bend Sec $\Phi_b M_{n,x}$ (%)	Bend Mem $\Phi_b M_n$ (%)	Shear + Bend $\Phi_v V_n + \Phi_b M_{n,x}$ (%)	Tens + Bend $\Phi_t T_n + \Phi_b M_{n,x}$ (%)	Comp+Bend Mem $\Phi_c P_n + \Phi_b M_n$ (%)	Deflection $\Delta$ (%)
80	0.0	2.8	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	2.9	0.1	0.0
81	0.0	0.0	8.9	5.1	0.1	0.1	0.1	0.1	5.2	0.0
82	0.0	4.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	4.3	0.1	0.0
83	0.0	0.0	9.2	8.8	0.1	0.1	0.1	0.1	8.9	0.0
84	0.0	5.5	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	5.6	0.1	0.0
85	0.0	0.0	11.8	8.8	0.1	0.1	0.1	0.1	8.7	0.0
86	0.0	6.9	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	7.0	0.1	0.0
87	0.0	0.0	13.3	9.9	0.1	0.1	0.1	0.1	10.0	0.0









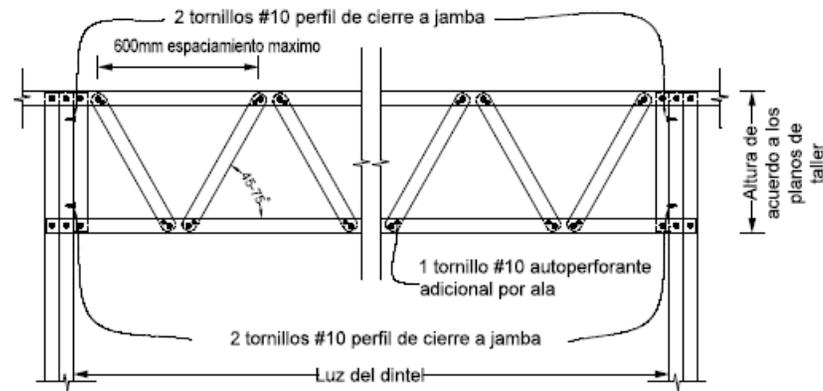


**Dintel reticulado con conexion simple - 1 tornillo por ala**

DO NOT SCALE.  
IF IN DOUBT, ASK.



JOB DETAILS		DRAWN	DATE DRAWN	SCALE	JOB REFERENCE	REVISION
		Alexander Beltran	24-09-2019	1 : 100		
		DWG FILE	VIEW NAME	ON		
		Diseno Ruitoque_7	1 of 7	A4-Sheet		

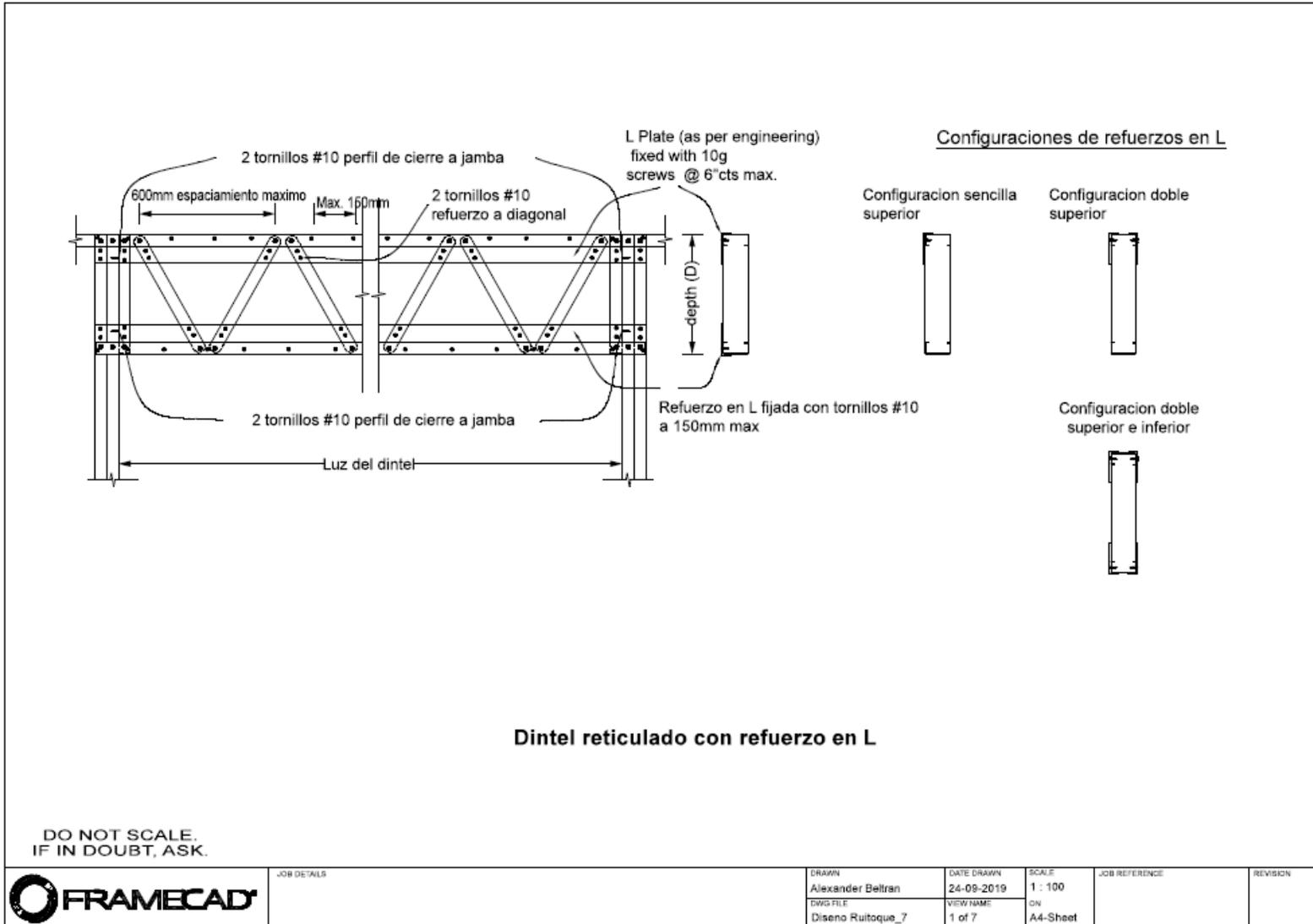


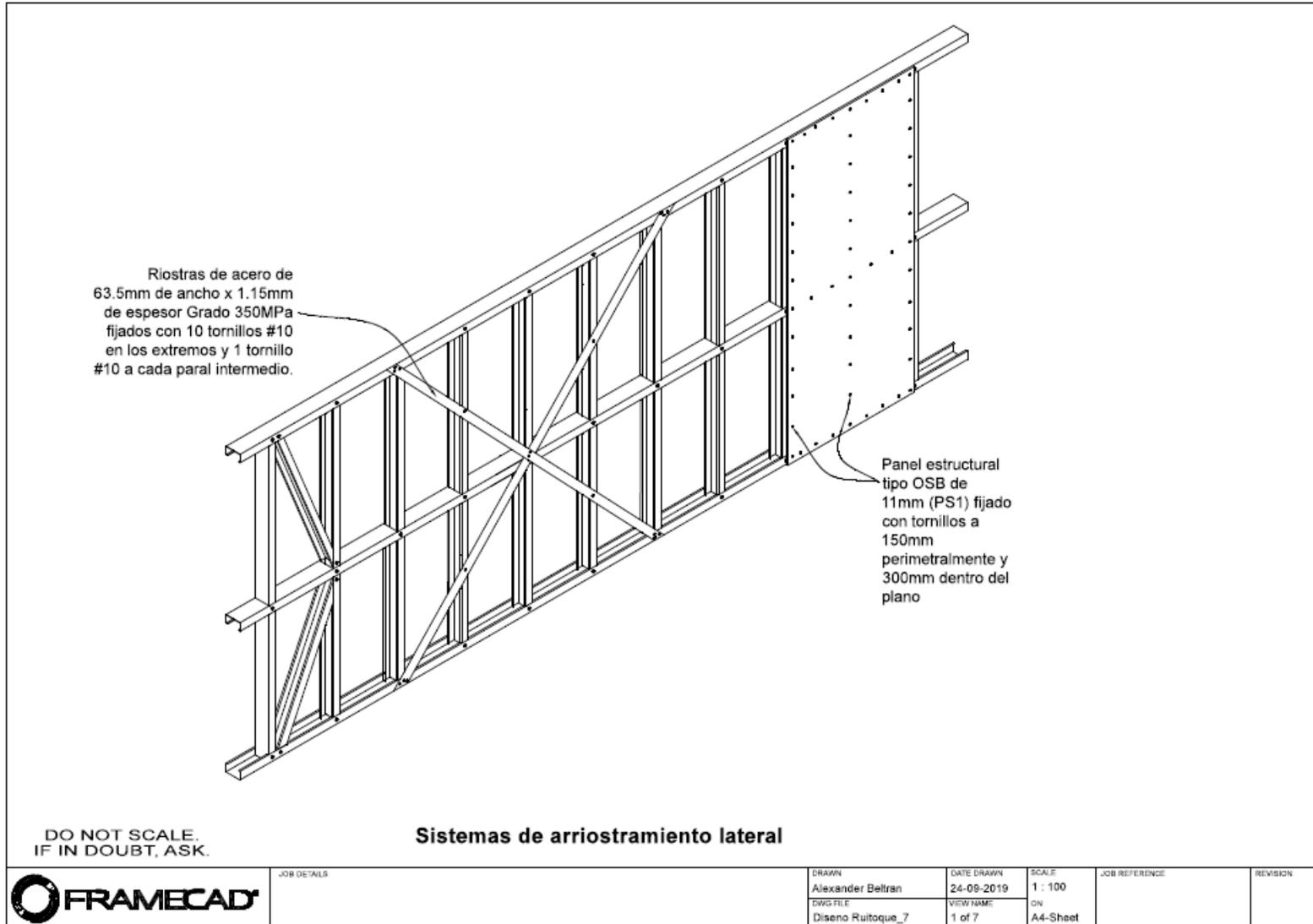
**Dintel reticulado con conexion doble - 2 tonillos por ala**

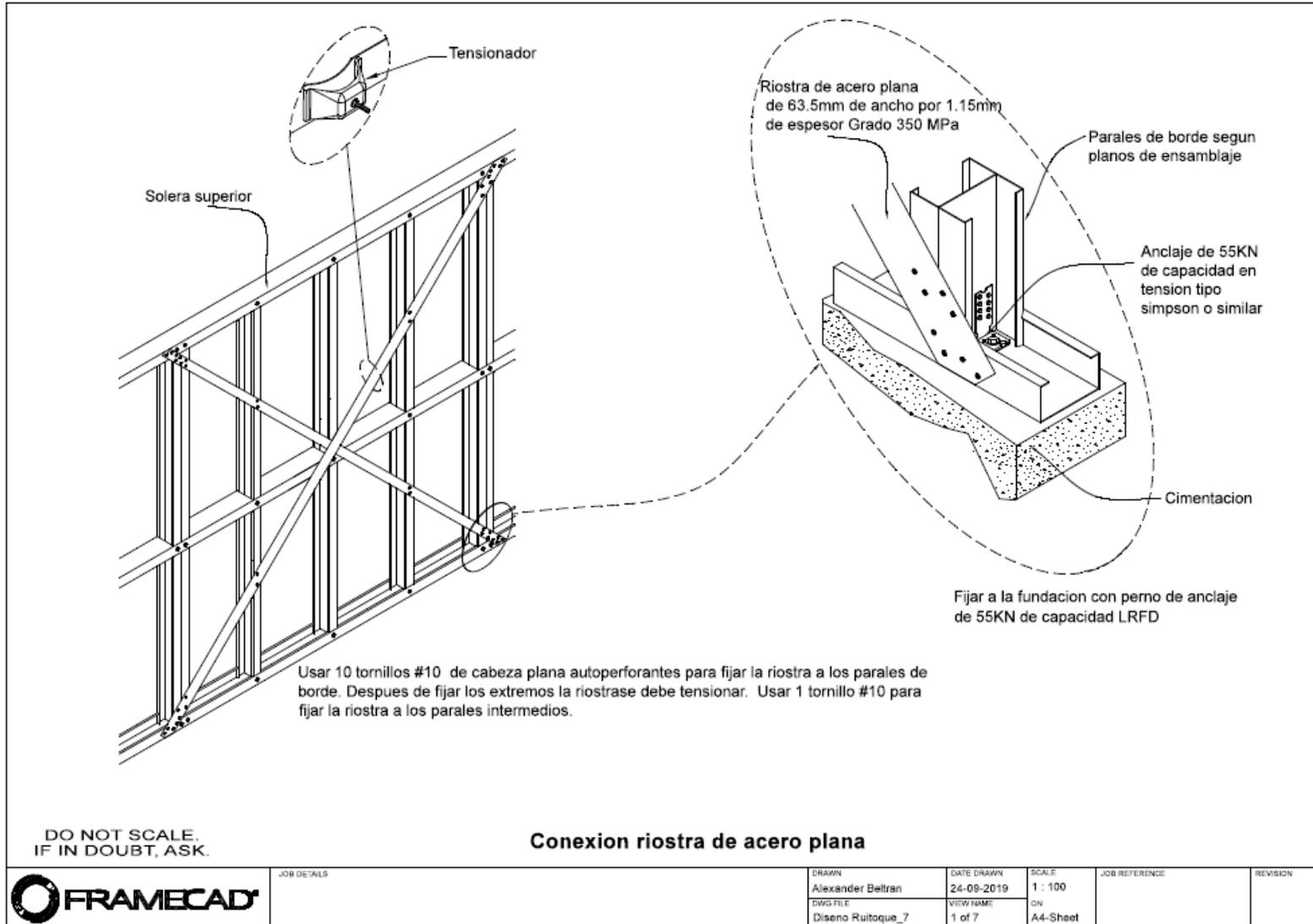
DO NOT SCALE.  
IF IN DOUBT, ASK.

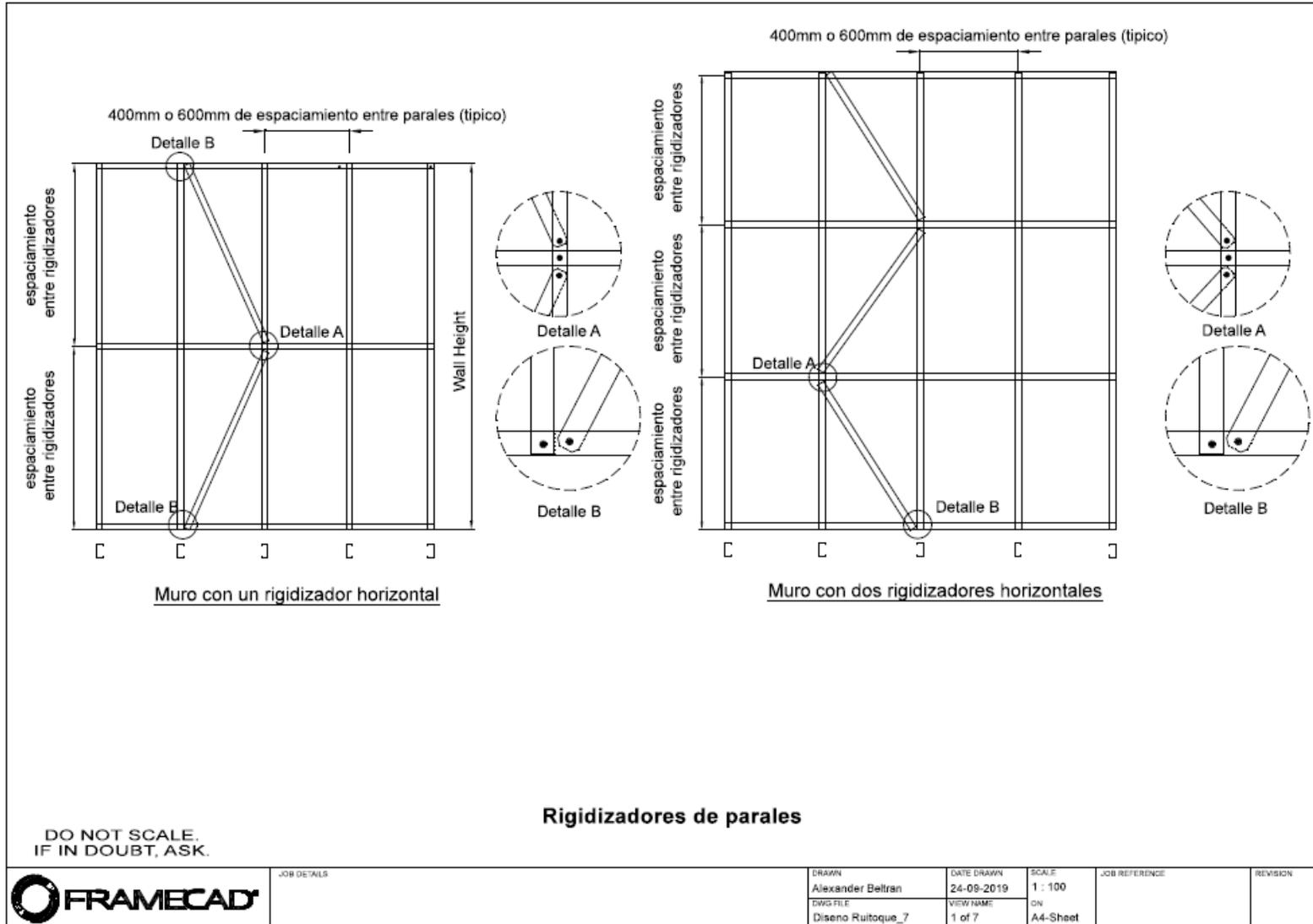


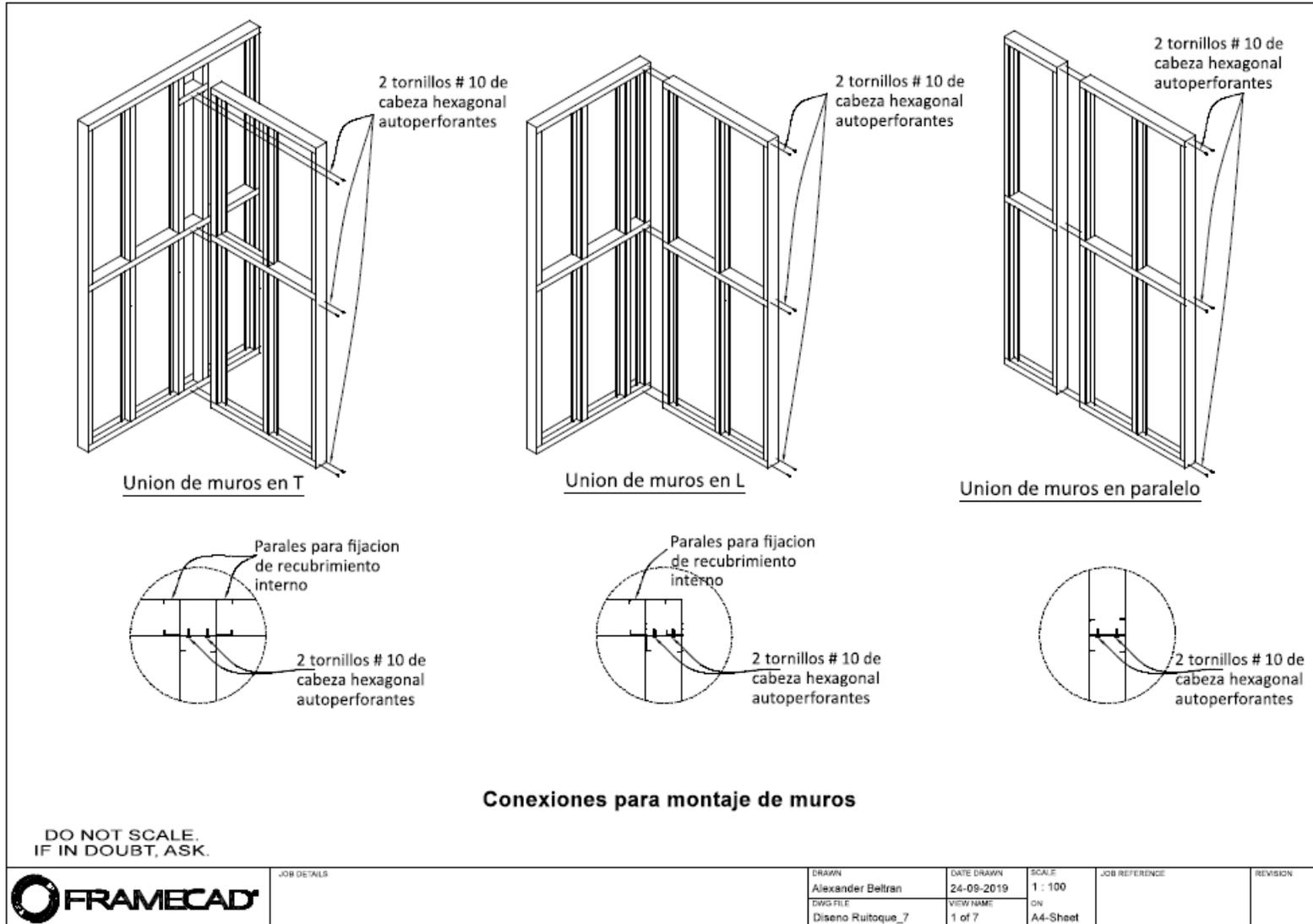
JOB DETAILS		DRAWN	DATE DRAWN	SCALE	JOB REFERENCE	REVISION
		Alexander Beltran	24-09-2019	1 : 100		
		DWG FILE	VIEW NAME	ON		
		Diseno Ruitoque_7	1 of 7	A4-Sheet		

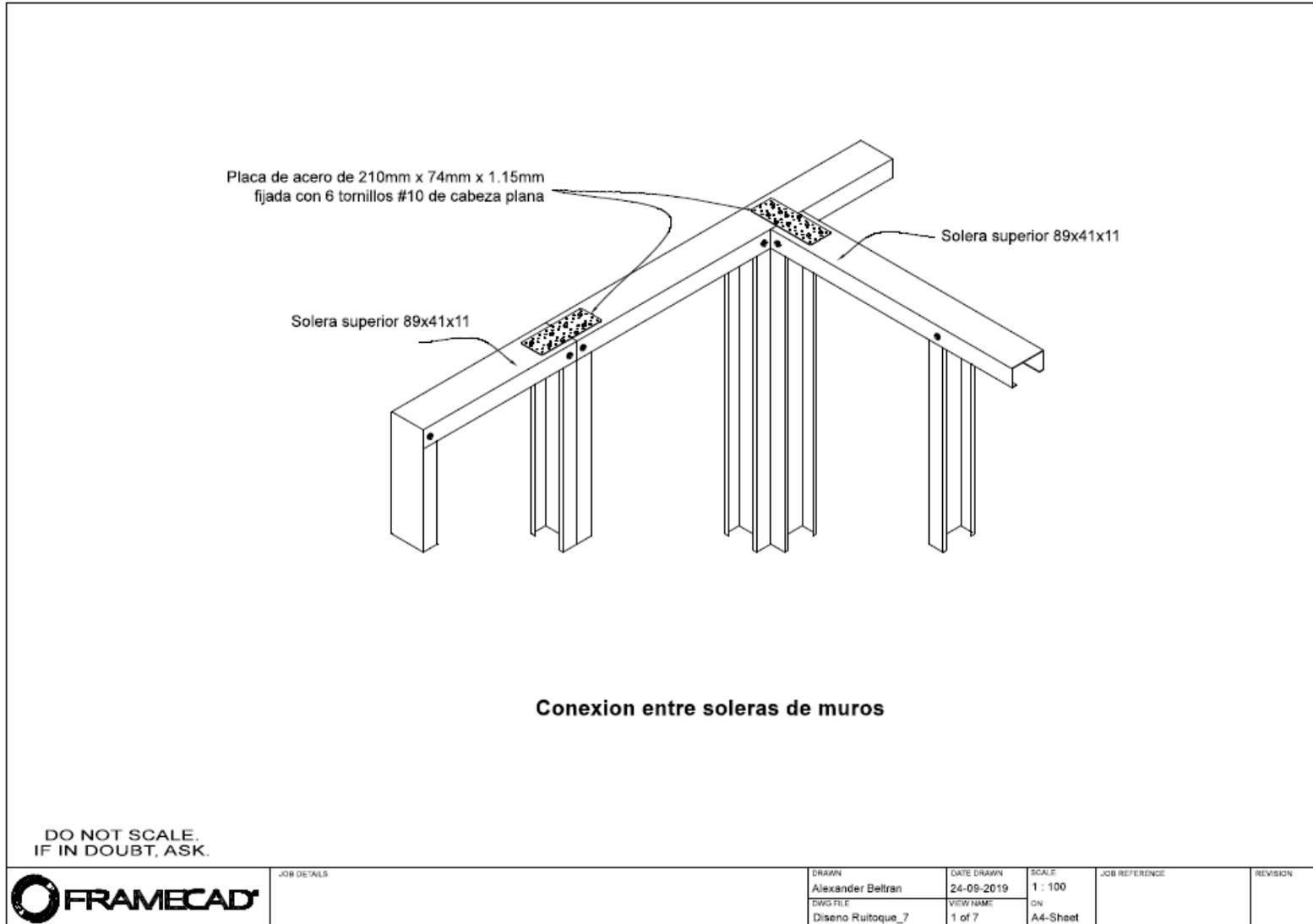


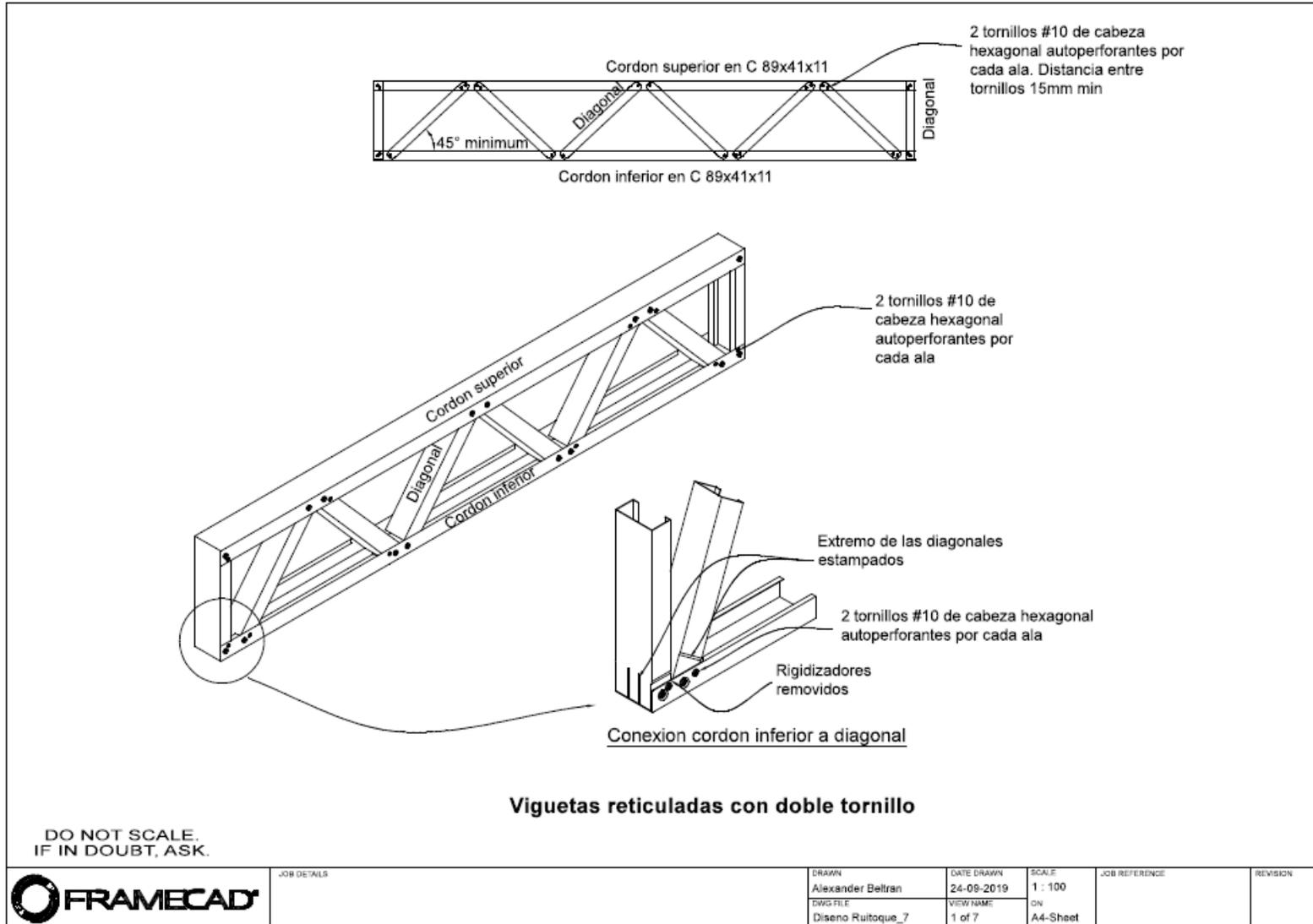


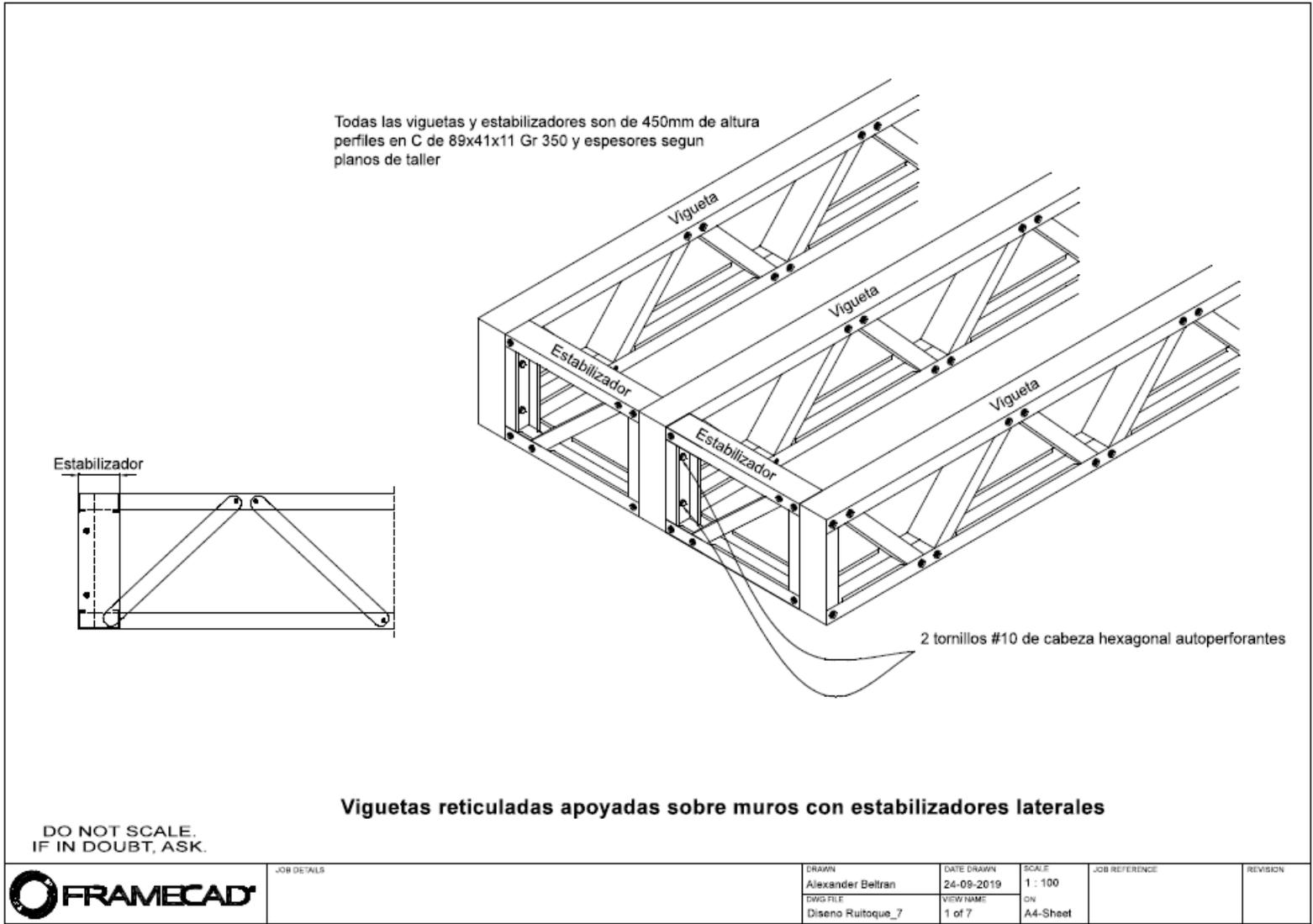


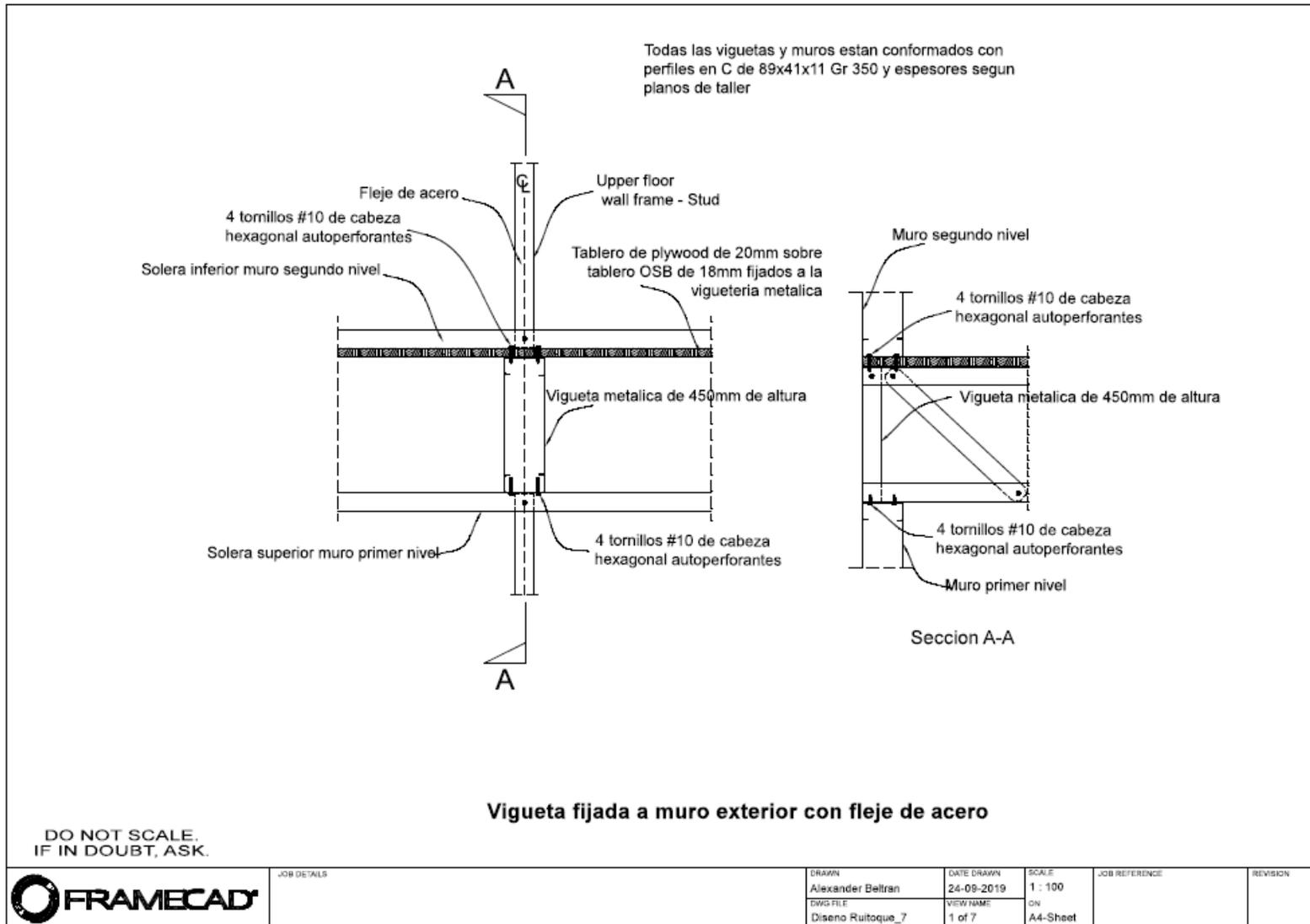


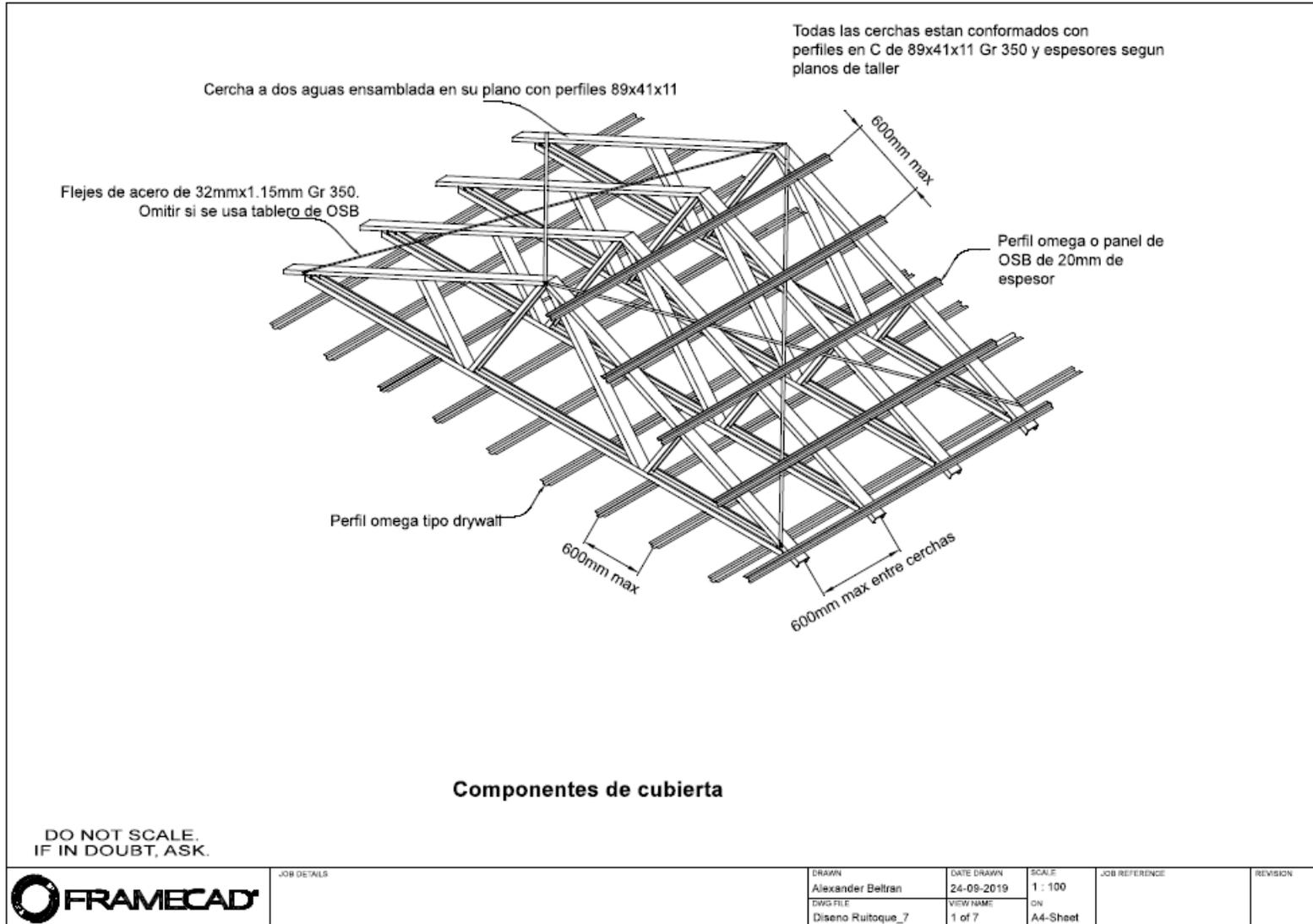


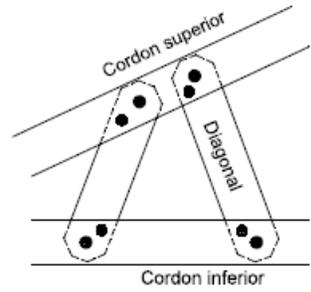




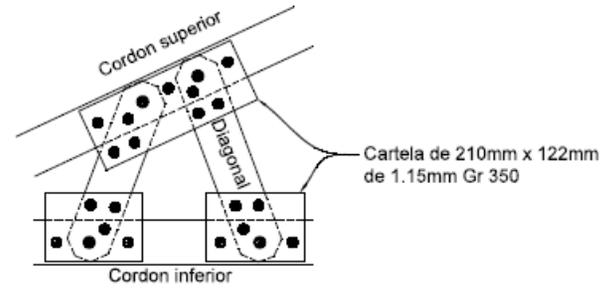








Tipo de union F3 o F4 implica 4 tornillos #10  
2 por cada ala por nudo, espaciamento minimo  
15mm y distancia al bode minimo 12mm



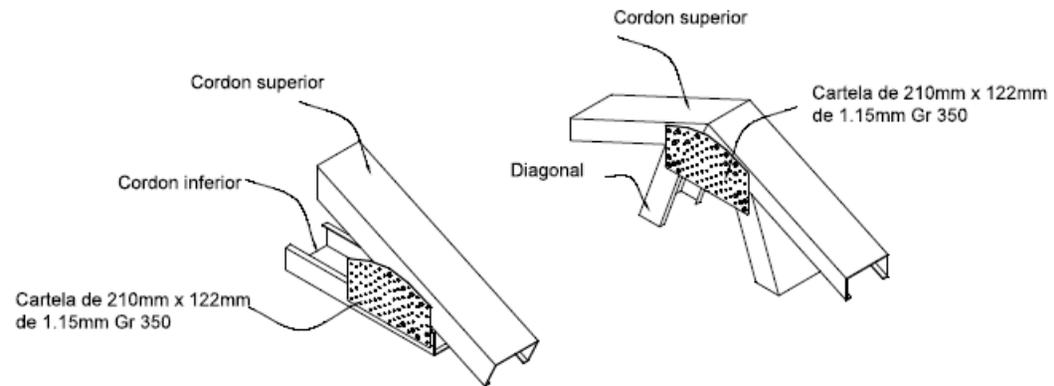
Tipo de union F5 o F6 implica tornillos #10  
en la disposicion mostrada sobre cartelas  
especificadas en el detalle por cada ala por nudo  
espaciamento minimo 15mm y distancia al bode minimo 12mm

**Conexiones en los nudos de las cerchas**

DO NOT SCALE.  
IF IN DOUBT, ASK.



JOB DETAILS		DRAWN	DATE DRAWN	SCALE	JOB REFERENCE	REVISION
		Alexander Beltran	24-09-2019	1 : 100		
		DWG FILE	VIEW NAME	ON		
		Diseno Ruitoque_7	1 of 7	A4-Sheet		

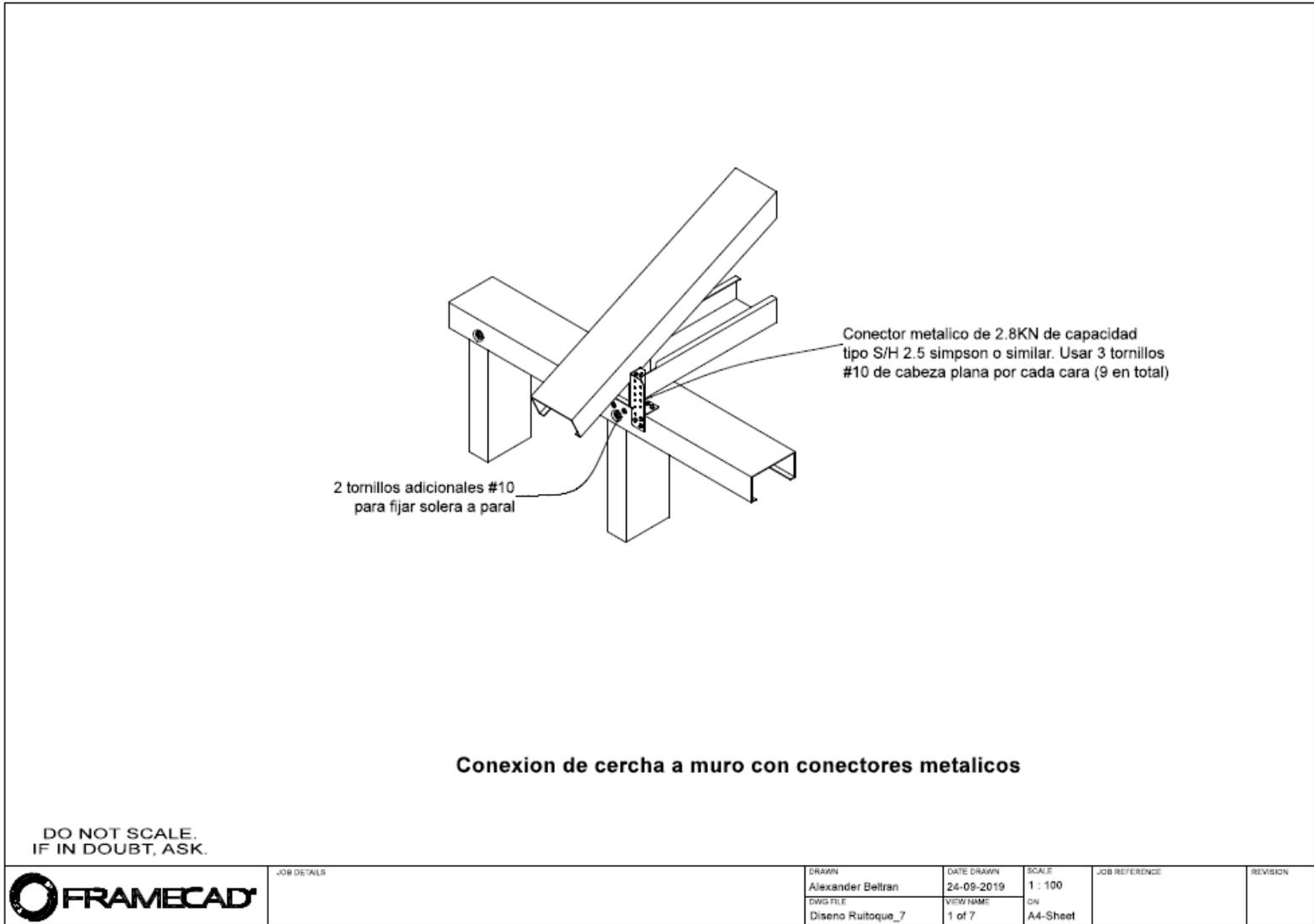


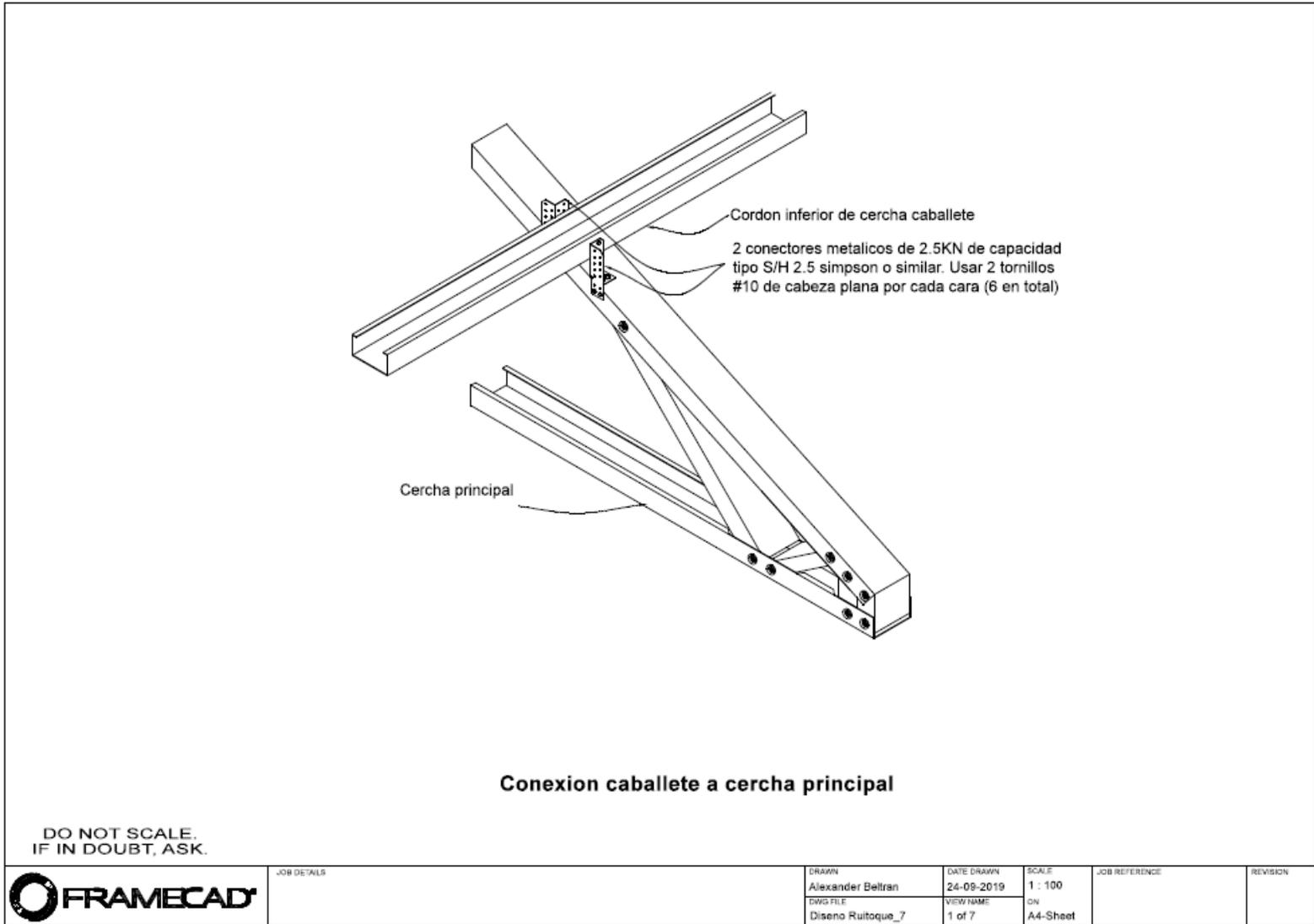
**Detalles de cartelas en el talon y apex de la cercha**

DO NOT SCALE.  
IF IN DOUBT, ASK.

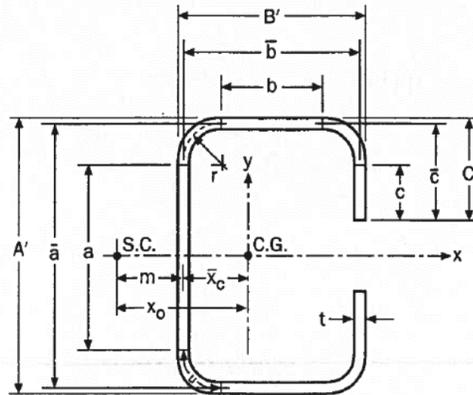


JOB DETAILS		DRAWN	DATE DRAWN	SCALE	JOB REFERENCE	REVISION
		Alexander Beltran	24-09-2019	1 : 100		
		DWG FILE	VIEW NAME	ON		
		Diseno Ruitoque_7	1 of 7	A4-Sheet		



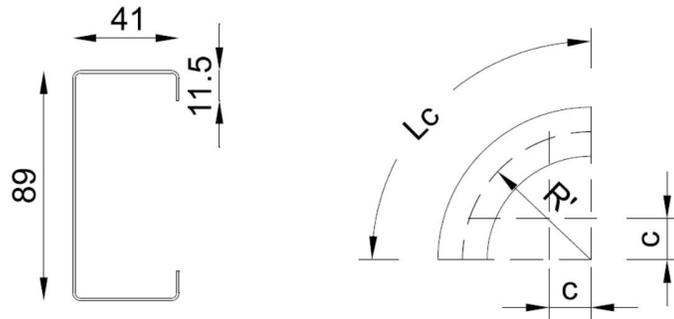


**Propiedades de la sección en C**



$A' =$	89.00	mm	
$B' =$	41.00	mm	
$C' =$	11.50	mm	
$\alpha =$	1.00	Sección con pestañas	
$R =$	2.00	mm	Radio interno
$t =$	0.95	mm	
$r =$	2.48	mm	
$a =$	83.10	mm	
$\tilde{a} =$	88.05	mm	
$b =$	35.10	mm	
$\tilde{b} =$	40.05	mm	
$c =$	8.55	mm	
$\tilde{c} =$	11.03	mm	
$u =$	3.89	mm	
$A =$	176.65	$\text{mm}^2$	
$I_x =$	224880.91	$\text{mm}^4$	
$\tilde{x}_c =$	12.92	mm	Distancia centroide a eje del alma
$\tilde{x} =$	13.39	mm	Distancia centroide a cara externa del alma
$I_y =$	41507.23	$\text{mm}^4$	
$m =$	19.52	mm	Distancia centro de corte a eje del alma
$x_0 =$	-32.44	mm	
$J =$	53.14	$\text{mm}^4$	
$C_w =$	72901935.79	$\text{mm}^6$	

**Chequeo de resistencia nominal a la flexión por fluencia de acuerdo a la sección C.3.1.1 de la norma AISI S100**



Propiedades de la sección		
$f_y =$	350	MPa
$R =$	2	mm
$t =$	0.95	mm
$b =$	41	mm
$h =$	89	mm
$D =$	11.50	mm

Propiedades del doblés a 90 grados		
$R' =$	2.4750	mm
$L_c =$	3.888	mm
$c =$	1.5766	mm

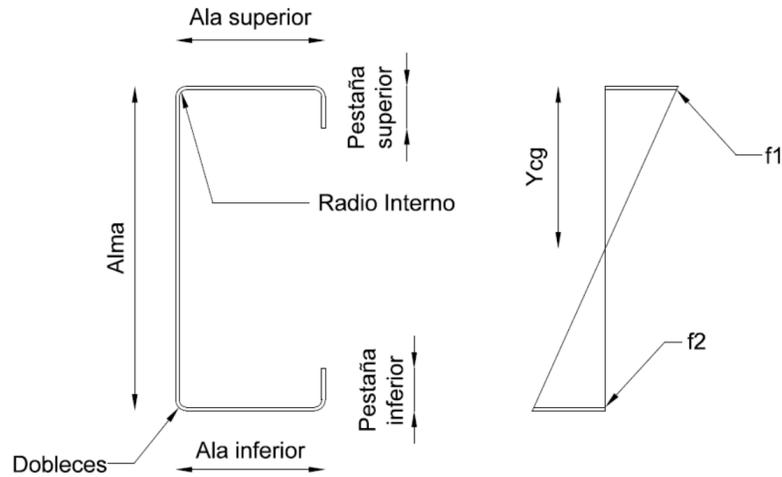
**Primera Iteración:**

Sección B4 – Ancho efectivo de ala con pestaña sometida a compresión			
$w =$	35.1	mm	$\nu = 0.3$
$w/t =$	36.95		
$E =$	2.00E+05	MPa	
$S =$	30.60		
$0.328 S =$	10.04		
Dado que $w/t > 0.328 S$ :			
$I_a =$	221.1043	$mm^4$	
$I_a$ debe ser $\leq$	117.1783	$mm^4$	
Entonces $I_a =$	117.17832	$mm^4$	
$d =$	8.5500	mm	
$d/t =$	9	$< 14$ (máximo $d/t$ )	
$I_s =$	49.48125	$mm^4$	
$R_i = I_s/I_a =$	0.422	$< 1$	
$D/w =$	0.328		
$n =$	0.280	$\geq 1/3$	
Entonces $n =$	0.333		

k =	2.81712	$\leq 4$	Dado que $0.25 < D/w \leq 0.8$
Fcr =	373.03	MPa	
$\lambda =$	0.969	$> 0.673$	
$\rho =$	0.80		
$\rho b =$	28.01	mm	
b1 =	5.913	mm	
b2 =	22.093	mm	
<b>Sección B2.3 – Revisar área efectiva del alma</b>			
halma =	83.1	mm	
h/t =	87.5		OK
f1 =	326.80	MPa	Compresión
f2 =	-326.80	MPa	Tensión
$\psi =$	1.000		
k =	24.00		
Fcr =	566.97	MPa	
$\lambda =$	0.7592	$> 0.673$	
$\rho =$	0.935		
r b =	77.74	mm	
be =	77.74	mm	
ho =	89	mm	
bo =	41	mm	
ho / bo =	2.1707		
Para ho/bo $\leq 4$ :			
b1 =	19.43	mm	
b2 =	38.87	mm	Dado que $\psi > 0.236$
b1 + b2 =	58.3041	mm	
Dado que $b1 + b2 > 41.55$ el alma es totalmente efectiva			

<b>Sección B3.2 – Ancho efectivo de la pestaña</b>			
w/t = d/t =	9		
f1 =	326.80	MPa	Compresión
f2 =	259.55	MPa	Compresión
$\psi =$	0.79		
k =	0.51		
Fcr =	1137.24	MPa	
$\lambda =$	0.54	$< 0.673$	
$\rho =$	1.10		
$\rho b =$	9.40	mm	
d's =	8.55	mm	
ds = d's (Ri) =	3.61	mm	

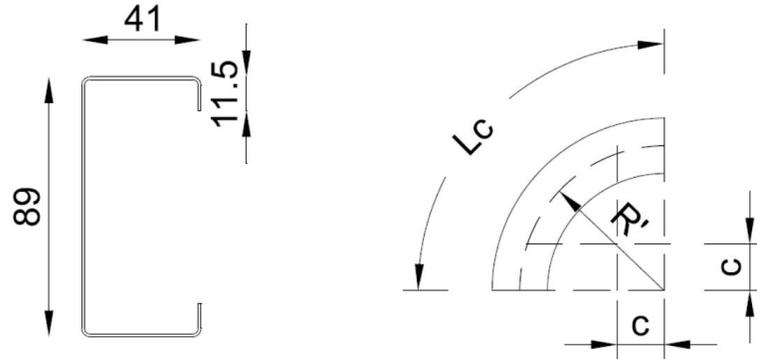
**Localización del eje neutro y cálculo de Ix y Se:**



Elemento	Longitud efectiva (mm)	Distancia desde la fibra extrema superior (mm)	Ly (mm <sup>2</sup> )	Ly <sup>2</sup> (mm <sup>3</sup> )	I'x (mm <sup>3</sup> )
Pestaña inferior	8.5500	81.77	699.17	57175.13	52.0855
Dobleces inferiores	7.7754	87.62	681.33	59703.08	4.5180
Ala inferior	35.1000	88.52	3107.22	275067.31	
Dobleces superiores	7.7754	1.37	10.67	14.66	4.5180
Ala superior 1	22.093	0.47	10.49	4.98	
Ala superior 2	5.913	0.47	2.80	1.33	
Pestaña superior	3.6104	4.7552	17.16	81.6395	3.9219
Alma	83.1000	44.5	3697.95	164558.77	47821.3493
Total	173.9176		8226.83	556606.93	47886.3926
	Ycg =	47.303	mm		

Moment of Inertia and Section Modulus					
Ixe =	204571.574	mm <sup>4</sup>			
Se =	4324.6990	mm <sup>3</sup>			
Resistencia nominal a flexión de la sección			Resultado Framacad Structure		
Mn =	1.5136	KN-m			
Φ Mn =	1.4380	KN-m	1.4438	KN-m	OK

**Chequeo de resistencia nominal a la flexión por pandeo lateral torsional de acuerdo a la sección C.3.1.2.1 de la norma AISI S100 – paral de muro**



Propiedades de la sección		
$f_y =$	327.93	MPa
$R =$	2	mm
$t =$	0.95	mm
$b =$	41	mm
$h =$	89	mm
$D =$	11.50	mm

Propiedades del dobléz a 90 grados		
$R' =$	2.4750	mm
$L_c =$	3.888	mm
$c =$	1.5766	mm

$cb =$	1	
$K_t L_t =$	1050	mm
$G =$	78000	MPa
$J =$	53.14	mm <sup>4</sup>
$C_w =$	72901935.79	mm <sup>6</sup>
$A =$	176.65	mm <sup>2</sup>
$r_y =$	15.33	mm
$r_o =$	50.68	mm
$\bar{\sigma}_{ey} =$	420.68	MPa
$\bar{\sigma}_t =$	296.75	
$C_b =$	1	
$S_f =$	5100.35	mm <sup>3</sup>
$F_e =$	620.25	MPa
$f_y =$	350.00	MPa
$0.56 f_y =$	196.00	MPa
$2.78 f_y =$	973.00	MPa
$F_c =$	327.93	MPa

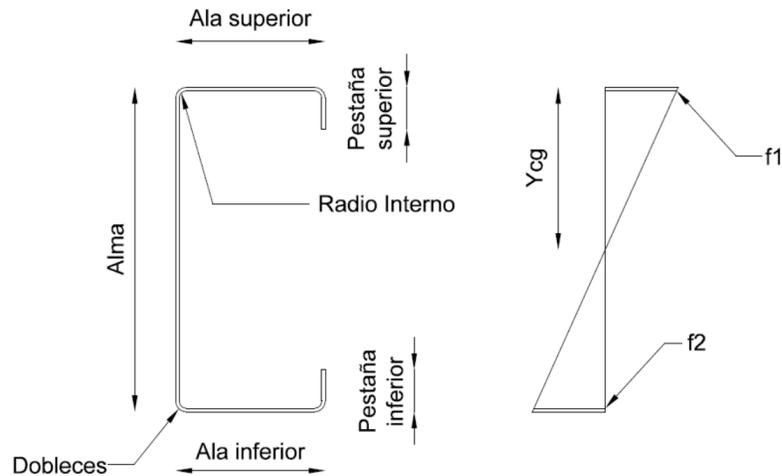
**Primera Iteración:**

<b>Sección B4 – Ancho efectivo de ala con pestaña sometida a compresión</b>			
w =	35.1	mm	$\nu = 0.3$
w/t =	36.95		
E =	2.00E+05	MPa	
S =	31.61		
0.328 S =	10.37		
Dado que $w/t > 0.328 S$ :			
Ia =	193.1917	mm <sup>4</sup>	
Ia debe ser $\leq$	113.5545	mm <sup>4</sup>	
Entonces Ia =	113.55454	mm <sup>4</sup>	
d =	8.5500	mm	
d/t =	9	< 14 (máximo d/t)	
Is =	49.48125	mm <sup>4</sup>	
Ri = Is/Ia =	0.436	< 1	
D/w =	0.328		
n =	0.290	$\geq 1/3$	
Entonces n =	0.333		
k =	2.84225	$\leq 4$	Dado que $0.25 < D/w \leq 0.8$
Fcr =	376.36	MPa	
$\lambda =$	0.933	> 0.673	
$\rho =$	0.82		
$\rho b =$	28.74	mm	
b1 =	6.262	mm	
b2 =	22.478	mm	
<b>Sección B2.3 – Revisar área efectiva del alma</b>			
halma =	83.1	mm	
h/t =	87.5		OK
f1 =	306.19	MPa	Compresión
f2 =	-306.19	MPa	Tensión
$\psi =$	1.000		
k =	24.00		
Fcr =	566.97	MPa	
$\lambda =$	0.7349	> 0.673	
$\rho =$	0.953		
r b =	79.23	mm	
be =	79.23	mm	
ho =	89	mm	
bo =	41	mm	
ho / bo =	2.1707		
Para $ho/bo \leq 4$ :			
b1 =	19.81	mm	
b2 =	39.61	mm	
b1 + b2 =	59.4204	mm	Dado que $\psi > 0.236$
Dado que $b1 + b2 > 41.55$ el alma es totalmente efectiva			

<b>Sección B3.2 – Ancho efectivo de la pestaña</b>			
w/t = d/t =	9		
f1 =	306.19	MPa	Compresión
f2 =	243.19	MPa	Compresión

$\psi =$	0.79		
$k =$	0.51		
$F_{cr} =$	1137.24	MPa	
$\lambda =$	0.52	< 0.673	
$\rho =$	1.11		
$\rho b =$	9.49	mm	
$d's =$	8.55	mm	
$d_s = d's (R_i) =$	3.73	mm	

**Localización del eje neutro y cálculo de Ix y Se:**



Elemento	Longitud efectiva (mm)	Distancia desde la fibra extrema superior (mm)	$Ly$ (mm <sup>2</sup> )	$Ly^2$ (mm <sup>3</sup> )	$I'x$ (mm <sup>3</sup> )
Pestaña inferior	8.5500	81.7750	699.17	57175.13	52.0855
Dobleces inferiores	7.7754	87.6266	681.33	59703.08	4.5180
Ala inferior	35.1000	88.5250	3107.22	275067.31	
Dobleces superiores	7.7754	1.3734	10.67	14.66	4.5180
Ala superior 1	22.478	0.475	10.67	5.07	
Ala superior 2	6.262	0.475	2.97	1.41	
Pestaña superior	3.7257	4.8128	17.93	86.29	4.3095
Alma	83.1000	44.5	3697.95	164558.77	47821.3493
Total	174.7666		8227.95	556611.75	47886.7802
	$Y_{cg} =$	47.080	mm		

Moment of Inertia and Section Modulus					
$I_{xe} =$	206273.1273	mm <sup>4</sup>			
$Se =$	4381.3661	mm <sup>3</sup>			
Resistencia nominal a flexión de la sección			Resultado Framacad Structure		
$M_n =$	1.4368	KN-m	1.293	KN-m	OK
$\Phi M_n =$	1.2931	KN-m			

**Chequeo de resistencia nominal a la compresión por fluencia de acuerdo a la sección C.4.1 de la norma AISI S100**

Propiedades de la sección		
$f_y =$	350	MPa
$R =$	2	mm
$t =$	0.95	mm
$b =$	41	mm
$h =$	89	mm
$D =$	11.50	mm

Propiedades del dobléz a 90 grados		
$R' =$	2.4750	mm
$L_c =$	3.888	mm
$c =$	1.5766	mm

Sección B4 – Ancho efectivo de ala con pestaña sometida a compresión			
$w =$	35.1	mm	$\nu_t = 0.3$
$w/t =$	36.95		
$E =$	2.00E+05	MPa	
$S =$	30.60		
$0.328 S =$	10.04		
Dado que $w/t > 0.328 S$ :			
$I_a =$	221.1043	$\text{mm}^4$	Dado que $0.25 < D/w \leq 0.8$
$I_a$ debe ser $\leq$	117.1783	$\text{mm}^4$	
Entonces $I_a =$	117.17832	$\text{mm}^4$	
$d =$	8.5500	mm	
$d/t =$	9	$< 14$ (máximo $d/t$ )	
$I_s =$	49.48125	$\text{mm}^4$	
$R_i = I_s/I_a =$	0.422	$< 1$	
$D/w =$	0.328		
$n =$	0.280	$\geq 1/3$	
Entonces $n =$	0.333		
$k =$	2.81712	$\leq 4$	
$F_{cr} =$	373.03	MPa	
$\lambda =$	0.969	$> 0.673$	
$\rho =$	0.798		
$\rho b =$	28.01	mm	
$b1 =$	5.913	mm	
$b2 =$	22.093	mm	
Sección B2.3 – Revisar área efectiva del alma			
halma =	83.1	mm	OK
perforación =	34.0	mm	
$(\text{halma} - h_{\text{perf}})/2 =$	24.6	mm	
$h/t =$	25.8		
$k =$	0.43		
$F_{cr} =$	116.39	Mpa	
$\lambda =$	1.7341	$> 0.673$	

$\rho =$	0.504		
$r_b =$	12.36	mm	

<b>Sección B3.2 – Ancho efectivo de la pestaña</b>			
$w/t = d/t =$	9		
$k =$	0.43		
$F_{cr} =$	959.60		MPa
$\lambda =$	0.60		< 0.673
$d's =$	8.55		mm
$ds = d's (R_i) =$	3.61		mm

<b>Elemento</b>	<b>Longitud efectiva (mm)</b>			
Pestaña inferior	3.61	mm		
Dobleces inferiores	7.78	mm		
Ala inferior	28.01	mm		
Dobleces superiores	7.78	mm		
Ala superior	28.01	mm		
Pestaña superior	3.61	mm		
Alma	24.72	mm		
<b>Total</b>	<b>103.51</b>	<b>mm</b>		
$A_e =$	98.33	mm <sup>2</sup>		
$P_n =$	34.42	KN		
$\Phi P_n =$	29.25	KN		
Resultado Framcad Structure $\Phi P_n =$	29.08	KN		OK

**Chequeo de resistencia nominal a la compresión por pandeo flexional, flexional – torsional de acuerdo a la sección C.4.1 de la norma AISI S100**

<b>Propiedades de la sección</b>		
$F_n =$	147.80	MPa
$R =$	2	mm
$t =$	0.95	mm
$b =$	41	mm
$h =$	89	mm
$D =$	11.50	mm

<b>Propiedades del dobléz a 90 grados</b>		
$R' =$	2.4750	mm
$L_c =$	3.888	mm
$c =$	1.5766	mm

k =	1		Pandeo flexional
Lx =	3100	mm	
rx =	35.80	mm	
Ly =	1050	mm	
ry =	15.33	mm	
E =	2.00E+05	MPa	
Fe =	263.23	MPa	
x <sub>o</sub> =	-32.44	mm	
ro =	50.68	mm	
φ̄ =	0.59		
σ <sub>ex</sub> =	263.23	MPa	
σ <sub>t</sub> =	296.75	MPa	
Fe =	169.94	MPa	
f <sub>y</sub> =	350	MPa	
λ <sub>c</sub> =	1.44		
Fn =	147.80	MPa	

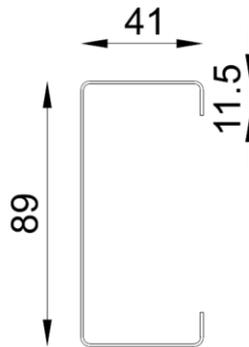
<b>Sección B4 – Ancho efectivo de ala con pestaña sometida a compresión</b>				
w =	35.1	mm	u <sub>t</sub> = 0.3	
w/t =	36.95			
E =	2.00E+05	MPa		
S =	47.09			
0.328 S =	15.44			
Dado que w/t > 0.328 S:				
I <sub>a</sub> =	30.9560	mm <sup>4</sup>		
I <sub>a</sub> debe ser ≤	77.57348	mm <sup>4</sup>		
Entonces I <sub>a</sub> =	77.57348	mm <sup>4</sup>		
d =	8.5500	mm		
d/t =	9	< 14 (máximo d/t)		
I <sub>s</sub> =	49.48125	mm <sup>4</sup>		
R <sub>i</sub> = I <sub>s</sub> /I <sub>a</sub> =	0.638	< 1		
D/w =	0.328			
n =	0.386	≥ 1/3		
Entonces n =	0.386			
Dado que 0.25 < D/w ≤ 0.8				
k =	3.10507	≤ 4		
F <sub>cr</sub> =	411.16	MPa		
λ =	0.600	< 0.673		
ρ =	1.000			
ρ b =	35.10	mm		
b <sub>1</sub> =	11.194	mm		
b <sub>2</sub> =	23.906	mm		
<b>Sección B2.3 – Revisar área efectiva del alma</b>				
halma =	83.1	mm	OK	
perforación =	34.0	mm		
(halma - hperf)/2 =	24.6	mm		
h/t =	25.8			
k =	0.43			
F <sub>cr</sub> =	116.39	Mpa		
λ =	1.1269	> 0.673		
ρ =	0.714			
r b =	17.53	mm		

Sección B3.2 – Ancho efectivo de la pestaña		
$w/t = d/t =$	9	
$k =$	0.43	
$F_{cr} =$	959.60	MPa
$\lambda =$	0.39	$< 0.673$
$d's =$	8.55	mm
$ds = d's (Ri) =$	5.45	mm

Elemento	Longitud efectiva (mm)		
Pestaña inferior	5.45	mm	
Dobleces inferiores	7.78	mm	
Ala inferior	35.10	mm	
Dobleces superiores	7.78	mm	
Ala superior	35.10	mm	
Pestaña superior	5.45	mm	
Alma	35.06	mm	
Total	131.72	mm	
$A_e =$	125.14	mm <sup>2</sup>	
$P_n =$	18.50	KN	
$\Phi P_n =$	15.72	KN	
Resultado Framcad Structure $\Phi P_n =$	16.27	KN	OK

**Chequeo de resistencia nominal al cortante de acuerdo a la sección C.3.2 de la norma AISI**

**S100**

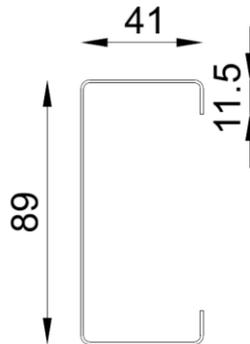


Propiedades de la sección		
$f_y =$	350.00	MPa
$R =$	2	mm
$t =$	0.95	mm
$b =$	41	mm
$h =$	89	mm
$D =$	11.50	mm

h alma =	83.1	mm	
h/t =	87.5		
Kv =	5.34		
E =	2.00E+05	MPa	
$\sqrt{(E K_v / f_y)}$ =	55.23974		
$\alpha_c$ =	0.3		
Fv =	126.15	MPa	
Aw =	78.95	mm <sup>2</sup>	
Vn =	9.96	KN	
$\Phi V_n$ =	9.46	KN	
Resultado Framacad Structure $\Phi V_n$ =	9.46	KN	OK

**Chequeo de resistencia nominal a la tensión de acuerdo a la sección C.2 de la norma AISI**

**S100**



Propiedades de la sección		
$f_y$ =	350.00	MPa
R =	2	mm
t =	0.95	mm
b =	41	mm
h =	89	mm
D =	11.50	mm

Fluencia:			
Ag =	176.65	mm <sup>2</sup>	
$f_y$ =	350	MPa	
Tn =	61.83	KN	
$\Phi T_{ny}$ =	55.65	KN	
Fractura:			
An =	144.35	mm <sup>2</sup>	
$f_u$ =	420	MPa	
Tn =	60.63	MPa	
$\Phi T_{nr}$ =	45.47	MPa	
$\Phi T_n$ =	45.47	MPa	
Resultado Framacad Structure $\Phi T_n$ =	51.85	KN	OK

**Apéndice B.** Subsistemas de muros, entresijos y cubiertas tomados de ensamblajes certificados y publicados por UL (Underwriters Laboratories), Gypsum Association Manual e Intertek (Framecad).

## Webbed Floor Joist

**FC-WFJ-1**

**Fire Rating: 1 Hour**

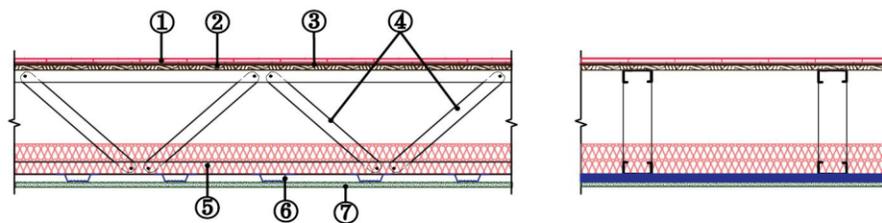
**STC: N/A**

**Reference:**

**Fire:** Intertek FAI/CFMFJF 60-02.

**Sound:** Intertek F8112.01-113-11-R0

**Intertek**



1. Finished Flooring: Min. 3/4 in. thick plywood, staggering joints by a min. of 12 in. from the subfloor joints. Secure with screws spaced 16 in. o.c. Approved alternative finished flooring systems: 1x4 T&G lumber, min. 3/4 in. thick, poured cementitious topping, min. 1/2 in. thick mineral and fiber board, corrugated steel deck with poured normal or light weight concrete topping. Top surfaces may be applied as needed (vinyl, carpet, tile, etc.) directly over sub-flooring, if sub-flooring consists of 1 in. thick or thicker concrete, or structural cementitious fiber boards.
2. Vapor Barrier: (Optional): 15# Asphalt saturated organic felt paper on top of the OSB sub-flooring. Use of any vapor barrier of equal or less fuel value is allowed
3. Sub-floor: Min. 23/32 in. thick OSB with construction adhesive and self-tapping screws spaced 12 in. o.c. throughout. Alternative sub-floor materials: Any noncombustible fiber cement, mineral, or fiber structural boards, any corrugated steel deck with nominal or light weight, or foam concrete topping.
4. Min. 16" tall FRAMECAD webbed floor joist spaced @24" on center and constructed of min. 362S162-43 members. Joist shall be designed in accordance with the North American Specification (AISI S100). Approved at full engineered design load for specific joist design and spacing.
5. Batts and blankets: Nominal 4 in. thick, min. R-13, unfaced fiber glass insulation batts fitted into cavities, resting on top of resilient channel and gypsum board. Approved alternate: Any min. R-13 glass or mineral
6. Resilient Channel: Nominal 25 GA galvanized steel resilient channel perpendicular to floor joist spaced at 12 in. o.c., with a min. overlap of 4 in. at all splices. Secure to floor joist using min. #8 x 3/4 in. self-drilling screws. Approved alternate: Furring Channels, min. 25 GA, installed 12 in. o.c. max.
7. One layer of nominal 5/8 in. thick Type C gypsum board (or equivalent) attached to resilient channel with drywall screws 12 in. o.c. along the length of the resilient channel. Apply a Level 2 finish of vinyl or casein, dry or premixed joint compound as follows: Apply to gypsum board in two coats to all exposed fastener heads and gypsum board joints.

## Webbed Floor Joist

FC-WFJ-2

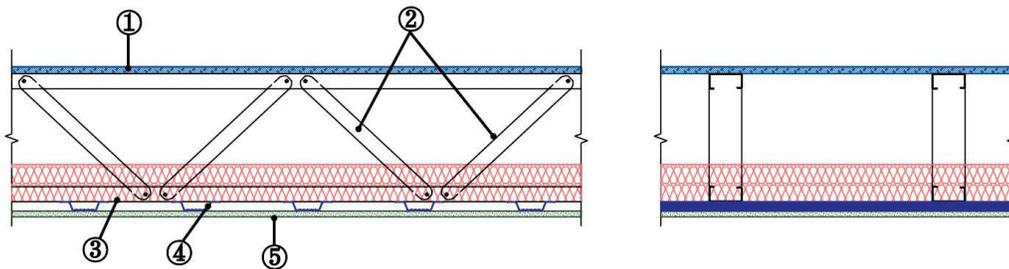
Fire Rating: 1 Hour

STC 54, IIC: 37

**Reference:**

Intertek FAI/CFMFJF 60-01

**Intertek**



1. Subfloor: Min. 3/4 in. JetBoard™ glass fiber-mat reinforced MgO cementitious panels perpendicular to floor joist system with min. 1-5/8 in. long, Type S, self-drilling bugle-head screws spaced 6 in. o.c. along the perimeter and 12 in. o.c. in the field along the joists. Apply a Level 2 finish at all joints and fasteners using a cementitious joint compound. Apply to JetBoard™ in two coats to all exposed fastener heads and joints, embedding min. 2 in. wide fiberglass tape in first layer of compound over joints in JetBoard™.
2. Min. 12" tall FRAMECAD webbed floor joist spaced @16" on center and constructed of min. 362S162-43 members. Joist shall be designed in accordance with the North American Specification (AISI S100). Approved at full engineered design load for specific joist design and spacing.
3. Batts and blankets: Nominal 4 in. thick, min. 4 pcf unfaced mineral fiber insulation into cavities, resting on top of resilient channel and gypsum board.
4. Resilient Channel: Min. nominal 2-1/2 in. wide by min. 1/2 in. deep "hat shaped" RC2 channels perpendicular to floor joist. Space resilient channel at 16 in. o.c. and secure to floor joist using min. #8 x 3/4 in. self-drilling screws.
5. One layer of nominal 5/8 in. thick Type X gypsum board (or equivalent) attached to resilient channel with drywall screws 12 in. o.c. along the length of the resilient channel. Apply a Level 2 finish of vinyl or casein, dry or premixed joint compound as follows: Apply to gypsum board in two coats to all exposed fastener heads and gypsum board joints.

## Webbed Floor Joist

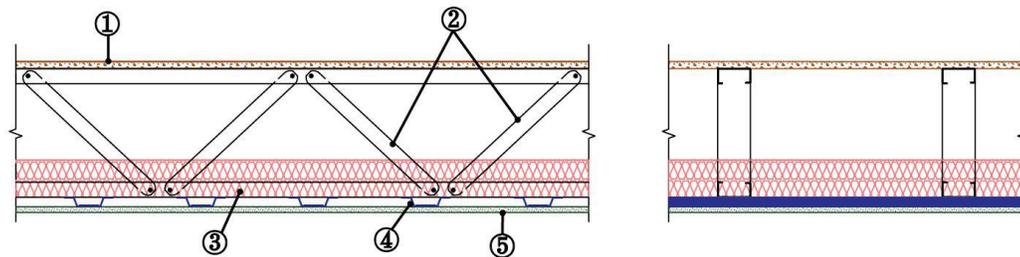
FC-WFJ-3

Fire Rating: 1 Hour

STC: N/A

**Reference:**

UL H515



1. USG structural cement fiber board. Nominal 3/4" thick with long edge tongue and groved. Long dimension of panels to be perpendicular to joists with end joists staggered min. 2 feet and centered over the joists. Panels fastened to joists with #8 self drilling screws spaced at 12" on center in the field and 8" on center at panel perimeter.
2. Min. 12" tall FRAMECAD webbed floor joist spaced @ 24" on center max. Joist shall be designed in accordance with the North American Specification (AISI S100).
3. Batts and blankets: 3-1/2" thick glass fiber batt insulation drapped over the resilient channels. Any glass fiber batts bearing the UL classification Marking for Surface Burning Characteristics having a flame spread index of 25 or less and a smoke developed index of 50 or less may be used.
4. Resilient Channel: Min. 25 MSG galvanized steel, 1/2" deep, spaced max. 12" o.c. perpendicular to joists. Chammel secured to each joist with one 1/2" long Type S low profile screw.
5. One layer of nominal 5/8 in. thick gypsum panels installed with long dimensions perpendicular to resilient channels. Gypum board attached to resilient channel with 1" long Type S screws spaced at 8" o.c.

## Non-Load Bearing Walls

**FC-NLBW-1**

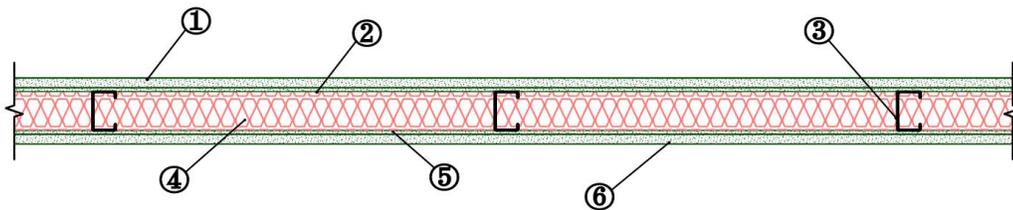
**Fire Rating: 1 Hour**

**STC: 55-59**

**Reference:**

Fire Test: WP 1051 (FM WP 152-1, 1-22-69)

Sound Test: CK 684-14, 8-13-68



1. Face layer 5/8" type X gypsum wallboard or gypsum veneer base applied parallel to studs with 15/16" Type S drywall screws spaced 12" o.c.
2. Base layer 1/4" gypsum wallboard applied parallel to each side the studs with 1" Type S drywall screws spaced at 12" o.c.
3. 250S138 steel studs spaced at 24" o.c.
4. Sound tested with 1-1/2" mineral fiber insulation, 3.0 pcf, friction fit in stud space.
5. Face layer 5/8" type X gypsum wallboard or gypsum veneer base applied parallel to studs with 15/16" Type S drywall screws spaced 12" o.c.
6. Base layer 1/4" gypsum wallboard applied parallel to each side the studs with 1" Type S drywall screws spaced at 12" o.c.

## Load Bearing Walls

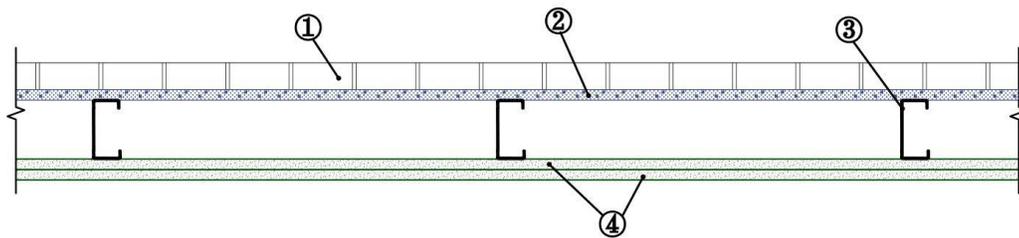
**FC - LBW - 2**

**Fire Rating: 1 Hour**

**STC: N/A**

**Reference:**

UL U418



1. Aluminum Siding, Steel Siding, Brick Veneer, Stucco, Fiber-Cement Siding, Building Units.
2. One layer of nominal 1/2 in. thick exterior sheathing, applied vertically and secured to the studs and runner tracks with 1 in. long, 0.142 in. diam, Type S-12 bugle head screws spaced 12 in. o.c. along the studs and the runner tracks.
3. 350S150-43 or 550S150-43 @ 24" on center.
4. Two layers of 1/2 in. thick gypsum board applied horizontally or vertically. Inner layer attached to studs and tracks with 1 in. long, Type S-12 bugle head screws spaced 12 in. o.c. beginning 6 in. from the edge. Outer layer attached to the studs and tracks with 1-5/8 in. long, Type S-12 bugle head screws spaced 12 in. o.c. beginning 1 in. from the edge. In addition, the outer layer to be attached to the inner layer at the joints with 1-1/2 in. long, Type G bugle head screws spaced 24 in. o.c. located between studs.

## Bearing Walls (Chase wall)

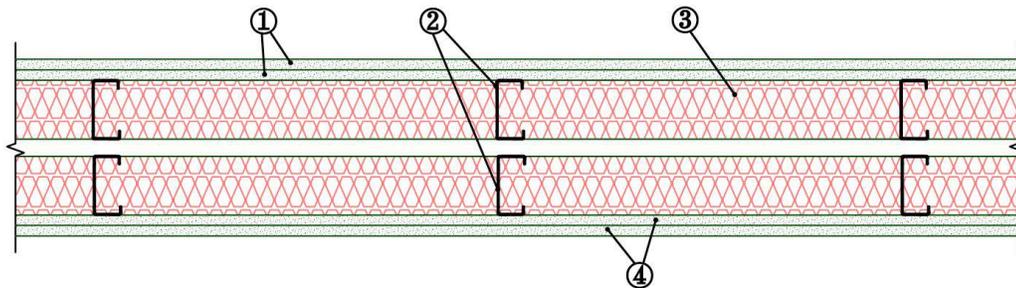
FC - BW - 19

Fire Rating: 2 Hours

STC: N/A

Reference:

UL V446



1. Two layers of 5/8" gypsum board applied vertically and attached to one side of double stud wall with 1 in. Type S-12 steel screws, spaced 8 in. o.c. along the edges of the board and 12 in. o.c. in the field of the board. 1" gap in between the walls.
2. Two layers of 350S162-33 steel studs spaced at max. 24" o.c. with 1" gap in between.
3. Optional mineral and fiber board insulation as an additional layer on one or both sides of the wall.
4. Two layers of 5/8" gypsum board applied vertically and attached to opposite side of double stud wall with 1 in. Type S-12 steel screws, spaced 8 in. o.c. along the edges of the board and 12 in. o.c. in the field of the board.

UL Product iQ™



## BXUV.U404 - FIRE-RESISTANCE RATINGS - ANSI/UL 263

Design/System/Construction/Assembly Usage Disclaimer

- Authorities Having Jurisdiction should be consulted in all cases as to the particular requirements covering the installation and use of UL Certified products, equipment, system, devices, and materials.
- Authorities Having Jurisdiction should be consulted before construction.
- Fire resistance assemblies and products are developed by the design submitter and have been investigated by UL for compliance with applicable requirements. The published information cannot always address every construction nuance encountered in the field.
- When field issues arise, it is recommended the first contact for assistance be the technical service staff provided by the product manufacturer noted for the design. Users of fire resistance assemblies are advised to consult the general Guide Information for each product category and each group of assemblies. The Guide Information includes specifics concerning alternate materials and alternate methods of construction.
- Only products which bear UL's Mark are considered Certified.

BXUV - Fire Resistance Ratings - ANSI/UL 263 Certified  
for United States

BXUV7 - Fire Resistance Ratings - CAN/ULC-S101  
Certified for Canada

See General Information for Fire-resistance Ratings - ANSI/UL 263 Certified for United States  
Design Criteria and Allowable Variances

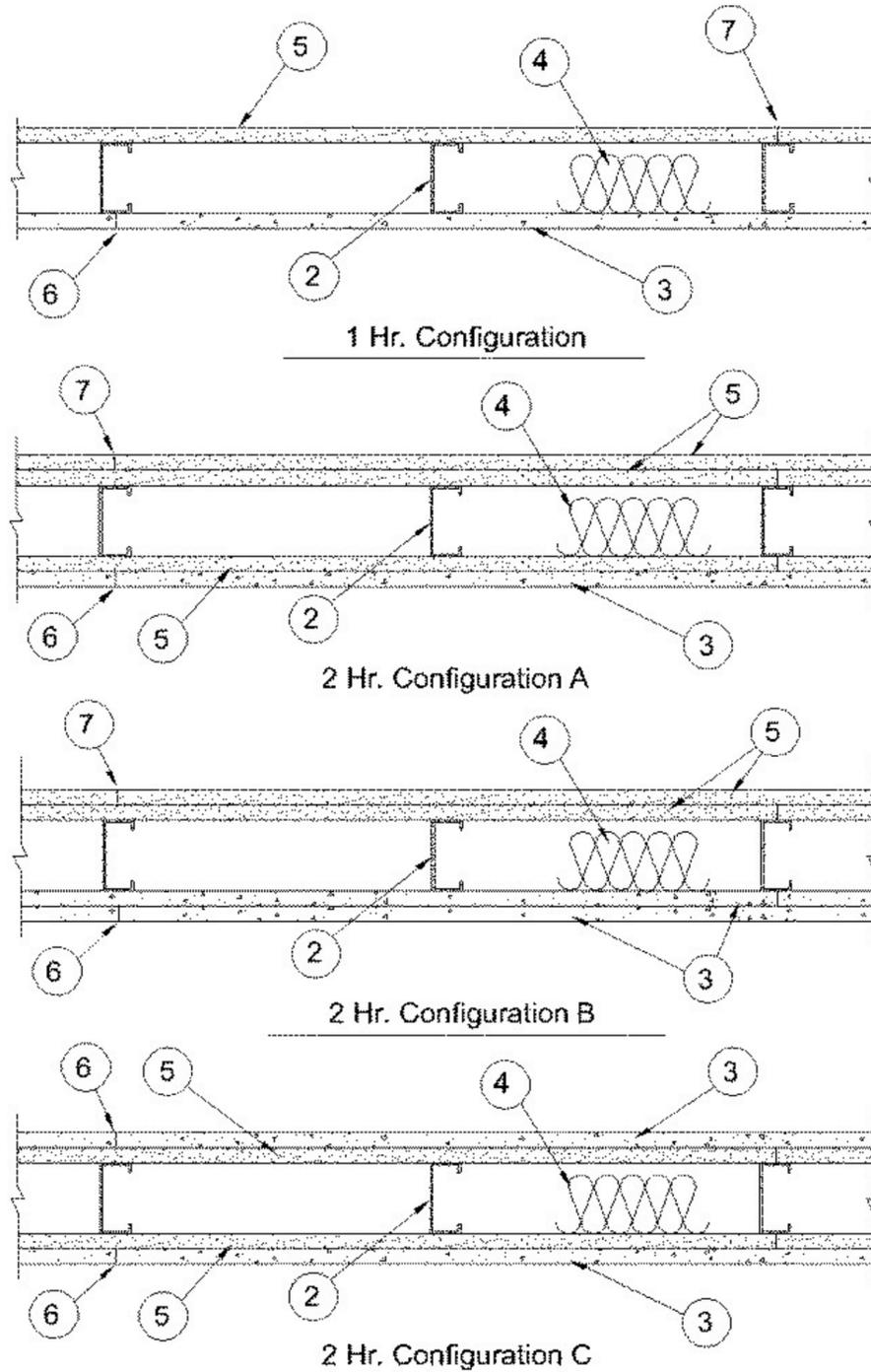
See General Information for Fire Resistance Ratings - CAN/ULC-S101 Certified for Canada  
Design Criteria and Allowable Variances

### Design No. U404

September 27, 2019

**Nonbearing Wall Rating — 1 and 2 Hr (See Items 3 and 5)**

**\* Indicates such products shall bear the UL or cUL Certification Mark for jurisdictions employing the UL or cUL Certification (such as Canada), respectively.**



1. **Steel Floor and Ceiling Runners** — (Not Shown) — Channel shaped, 3-1/2 in. wide by 1-1/4 in. deep, fabricated from min 20 MSG (0.0329 in., min bare metal thickness) galvanized steel. Attached to

FIRE-RESISTANCE RATINGS - ANSI/UL 263 | UL Product iQ

<https://iq.ulprospector.com/en/profile?e=14964>

floor and ceiling with steel fasteners spaced 24 in. OC max.

2. **Steel Studs** — Channel shaped, fabricated from min 20 MSG corrosion-protected or galv steel, 3-1/2 in. min width, min 1-1/2 in. flanges and 1/4 in. return, spaced a max of 16 in. OC. Studs friction-fit into floor and ceiling runners. Studs to be cut 5/8 to 3/4 in. less than assembly height.

3. **Cementitious Backer Units\*** — 1/2 in. or 5/8 in. thick, applied vertically or horizontally with vertical joints centered over studs. Fastened to studs and runners with corrosion resistant, chamfered, ribbed wafer head screws with a minimum head diameter of .400 inch. For nonbearing systems, fastened to studs and bottom runners with the uppermost screws placed 1/2 in. to 2 in. below the bottom edge of the leg of the top runner. Horizontal joints need not be backed by framing. **1 Hr System** - Screws shall be min 1-1/4 in. long and spaced a max of 8 in. OC. All vertical joints staggered one stud cavity from gypsum board vertical joints on the opposite side of studs. Horizontal edge joints and horizontal butt joints on opposite sides of studs need not be staggered. **2-Hr System** - For the base layer in Configuration B, the screws shall be min 1-1/4 in. long and spaced a max of 12 in. OC. For the face layers, screws shall be 1-5/8 in. long and spaced a max of 8 in. OC. All face layer joints offset min 12 in. from underlying base layer joints. Joints in either layer need not be staggered from joints on the opposite side of the wall.

**UNITED STATES GYPSUM CO** — Type DCB

4. **Batts and Blankets\*** — Min 3 in. thick mineral wool insulation batts, friction-fitted between studs .

**INDUSTRIAL INSULATION GROUP L L C** — Type SAFB

**JOHNS MANVILLE** — Type SAFB

**ROCKWOOL** — Type AFB, min. density 1.8 pcf / 28.8 kg/m<sup>3</sup>

**THERMAFIBER INC** — Type SAFB, SAFB FF

5. **Gypsum Board\*** — 5/8 in. thick, with square or tapered edges, applied vertically or horizontally with vertical joints centered over studs. Horizontal joints need not be backed by framing. Fastened with Type S-12 screws. **1-Hr System** - For vertical application, fastened to studs and runners with 1 in. long screws spaced max 8 in. OC at vertical edges and spaced max 12 in. OC in the field. For horizontal application, fastened to studs and runners with 1 in. long screws spaced max 8 in. OC. Vertical joints staggered one stud cavity from cement board vertical joints on opposite side of studs. Horizontal edge joints and horizontal butt joints on opposite sides of studs need not be staggered. **2-Hr System** - Base layer with an overlying gypsum board face layer, fastened with 1 in. long screws spaced max 16 in. OC to studs and runners. Base layer with an overlying cement board face layer, fastened with 1 in. long screws spaced max 12 in. OC to studs and runners. Face layers fastened with 1-5/8 in. long screws spaced max 16 in. OC to studs and runners with screws offset 8 in. from face layer screws. Face layer joints offset min 12 in. from base layer joints. Joints in either layer need not be staggered from joints on the opposite side of the wall. When used in widths other than 48 in., gypsum panels to be installed horizontally.

**CGC INC** — Types AR, C, IP-AR, IP-X1, IP-X2, IPC-AR, SCX, SHX, SGX, ULX, USGX, WRC or WRX (Joint tape and compound, Items 6 and 7, optional for use with Type USGX).

**UNITED STATES GYPSUM CO** — Type AR, C, FRX-G, IP-AR, IP-X1, IP-X2, IPC-AR, SCX, SHX, ULIX, ULX, WRC, WRX, USGX (Joint tape and compound, Items 6 and 7, optional for use with Type USGX).

**USG BORAL DRYWALL SFZ LLC** — Types C, SCX, SGX, USGX (Joint tape and compound, Items 6 and 7, optional for use with Type USGX).

**USG MEXICO S A DE C V** — Types AR, C, IP-AR, IP-X1, IP-X2, IPC-AR, SCX, SHX, ULX, USGX, WRC, WRX (Joint tape and compound, Items 6 and 7, optional for use with Type USGX).

5A. **Gypsum Board\*** — (As an alternate to Item 5 may be used as the base layer on one or both sides of wall, For direct attachment only) - Nom 5/8 in. thick lead backed gypsum panels with beveled, square or tapered edges, applied vertically. Vertical joints centered over studs and staggered min 1 stud cavity on opposite sides of studs. Wallboard secured to studs with 1-1/4 in. long Type S-12 steel screws spaced 8 in. OC at perimeter and 12 in. OC in the field.

**RAY-BAR ENGINEERING CORP** — Type RB-LBG

5B. **Gypsum Board\*** — (As an alternate to Item 5 may be used as the base layer on one or both sides of wall, For direct attachment only). Nominal 5/8 in. thick lead backed gypsum panels with beveled, square or tapered edges, applied vertically. Vertical joints centered over studs and staggered min 1 stud cavity on opposite sides of studs. Wallboard secured to studs with 1-1/4 in. long Type S-12 (or #6 by 1-1/4 in. long bugle head fine driller) steel screws spaced 8 in. OC at perimeter and 12 in. OC in the field.

**NEW ENGLAND LEAD BURNING CO INC, DBA NELCO** — Nelco

5C. **Gypsum Board\*** — (As an alternate to Item 5) For Direct Application to Studs Only- For use as the base layer or as the face layer. Nom 5/8 in. thick lead backed gypsum panels with beveled, square or tapered edges, applied vertically. Vertical joints centered over studs and staggered min 1 stud cavity on opposite sides of studs. Wallboard secured to studs with 1-5/8 in. long Type S-12 steel screws spaced 8 in. OC at perimeter and 12 in OC in the field when applied as the base layer. When applied as the face layer screw length to be increased to 2-1/2 in. Lead batten strips required behind vertical joints of lead backed gypsum wallboard and optional at remaining stud locations. Lead batten strips, min 2 in. wide, max 10 ft long with a max thickness of 0.140 in. placed on the face of studs and attached to the stud with two 1 in. long Type S-8 pan head steel screws, one at the top of the strip and

one at the bottom of the strip. Lead discs, max 5/16 in. diam by max 0.140 in. thick. Compression fitted or adhered over the screw heads. Lead batten strips and discs to have a purity of 99.5% meeting the Federal specification QQ-L-201f, Grades "B, C or D". Fasteners for face layer gypsum panels (Item 5) when installed over lead backed board to be min 2-1/2 in.

**MAYCO INDUSTRIES INC** — Type X-Ray Shielded Gypsum

**5D. Gypsum Board\*** — ((As an alternate to Items 5 may be used as the base layer on one or both sides of wall, For direct attachment only)) For Direct Application to Studs Only- Nom 5/8 in. thick lead backed gypsum panels with beveled, square or tapered edges, applied vertically. Vertical joints centered over studs and staggered min 1 stud cavity on opposite sides of studs. Wallboard secured to studs with 1-1/4 in. long Type S-12 steel screws spaced 8 in. OC at perimeter and 12 in. OC in the field. Lead batten strips, min 2 in. wide, max 8 ft long with a max thickness of 0.14 in. placed on the face of studs and attached to the stud with construction adhesive and two 1 in. long Type S-12 pan head steel screws, one at the top of the strip and one at the bottom of the strip. Lead discs, nominal 3/8 in. diam by max 0.085 in. thick. Compression fitted or adhered over the screw heads. Lead batten strips and discs to have a purity of 99.9% meeting the Federal specification QQ-L-201f, Grade "C". Fasteners for face layer gypsum panels (Item 5) when installed over lead backed board to be min 2-1/2 in. Type S-12 bugle head steel.

**RADIATION PROTECTION PRODUCTS INC** — Type RPP - Lead Lined Drywall

**6. Joints** — Covered with glass fiber mesh tape and latex modified Portland cement mortar or basecoat, or Type I organic adhesive.

**7. Joints** — When tapered edge gypsum board is used, face layer joints covered with joint compound and paper tape. As an alternate, gypsum veneer plaster may be applied to the entire surface of Classified veneer baseboard with joints reinforced. When square-edge gypsum board is used, treatment of joints is optional.

**8. Vapor Retarder, Water Barrier or Weather Resistive Barrier** — (Optional — Not shown) — As required.

**9. Lead Batten Strips** — (Not Shown, For use With Item 5A) - Lead batten strips, min 1-1/2 in. wide, max 10 ft long with a max thickness of 0.125 in. Strips placed on the interior face of studs and attached from the exterior face of the stud with two 1 in. long Type S-12 pan head steel screws, one at the top of the strip and one at the bottom of the strip. Lead batten strips to have a purity of 99.9% meeting the Federal specification QQ-L-201f, Grade "C". Lead batten strips required behind vertical joints of lead backed gypsum wallboard (Item 5A) and optional at remaining stud locations. Required behind vertical joints.

**9A. Lead Batten Strips** — (Not Shown, for use with Item 5C) Lead batten strips, 2 in. wide, max 10 ft long with a max thickness of .0140 in. Strips placed on the face of studs and attached to the stud with two min. 1 in. long min. Type S-8 pan head steel screws, one at the top of the strip and one at the bottom of the strip or with one min. 1 in. long min. Type S-8 pan head steel screw at the top of the strip. Lead batten strips to have a purity of 99.5% meeting the Federal specification QQ-L-201f, Grades "B, C or D". Lead batten strips required behind vertical joints of lead backed gypsum wallboard (Item 5) and optional at remaining stud locations.

**10. Lead Discs or Tabs** — (Not Shown, For use With Item 5A) - Used in lieu of or in addition to the lead batten strips (Item 9) or optional at other locations - Max 3/4 in. diam by max 0.125 in. thick lead discs compression fitted or adhered over steel screw heads or max 1/2 in. by 1-1/4 in. by max 0.125 in. thick lead tabs placed on gypsum boards (Item 5A) underneath screw locations prior to the installation of the screws. Lead discs or tabs to have a purity of 99.9% meeting the Federal specification QQ-

FIRE-RESISTANCE RATINGS - ANSI/UL 263 | UL Product iQ

<https://iq.ulprospector.com/en/profile?e=14964>

L-201f, Grade "C".

10A. **Lead Discs** — (Not Shown, for use with Item 5C) Max 5/16 in. diam by max 0.140 in. thick lead discs compression fitted or adhered over steel screw heads. Lead discs to have a purity of 99.5% meeting the Federal Specification QQ-L-201f, Grades "B, C or D".

11. **Lead Batten Strips** — (Not Shown, For Use With Item 5B) Lead batten strips, 2 in. wide, max 10 ft long with a max thickness of 0.142 in. Strips placed on the face of studs and attached to the stud with two min. 1 in. long min. Type S-8 pan head steel screws, one at the top of the strip and one at the bottom of the strip or with one min. 1 in. long min. Type S-8 pan head steel screw at the top of the strip. Lead batten strips to have a purity of 99.9% meeting the Federal specification QQ-L-201f, Grade "C". Lead batten strips required behind vertical joints of lead backed gypsum wallboard (Item 5B) and optional at remaining stud locations.

12. **Lead Tabs** — (Not Shown, For Use With Item 5B) 2 in. wide, 5 in. long with a max thickness of 0.142 in. Tabs friction-fit around front face of stud, the stud folded back flange, and the back face of the stud. Tabs required at each location where a screw (that secures the gypsum boards, Item 5B) will penetrate the steel stud. Lead tabs to have a purity of 99.9% meeting the Federal specification QQ-L-201f, Grade "C". Lead tabs may be held in place with standard adhesive tape if necessary.

**\* Indicates such products shall bear the UL or cUL Certification Mark for jurisdictions employing the UL or cUL Certification (such as Canada), respectively.**

Last Updated on 2019-09-27

---

The appearance of a company's name or product in this database does not in itself assure that products so identified have been manufactured under UL's Follow-Up Service. Only those products bearing the UL Mark should be considered to be Certified and covered under UL's Follow-Up Service. Always look for the Mark on the product.

UL permits the reproduction of the material contained in the Online Certification Directory subject to the following conditions: 1. The Guide Information, Assemblies, Constructions, Designs, Systems, and/or Certifications (files) must be presented in their entirety and in a non-misleading manner, without any manipulation of the data (or drawings). 2. The statement "Reprinted from the Online Certifications Directory with permission from UL" must appear adjacent to the extracted material. In addition, the reprinted material must include a copyright notice in the following format: "© 2019 UL LLC"

R501 - BXUVC.R501 - UL Product Spec Canada

<http://productspec.ul.com/canada/document.php?id=BXUVC...>

Quickly find, specify, or verify UL Certified products for your projects.

## CANADIAN CERTIFICATIONS

**1. HOW DO YOU WANT TO SEARCH?**



**2. RESULTS**

### **FIRE-RESISTANCE DESIGN**

[Assembly Usage Disclaimer](#)

#### **BXUVC - Fire-resistance Ratings**

[See General Information for Fire-resistance Ratings](#)

**Design No. R501**

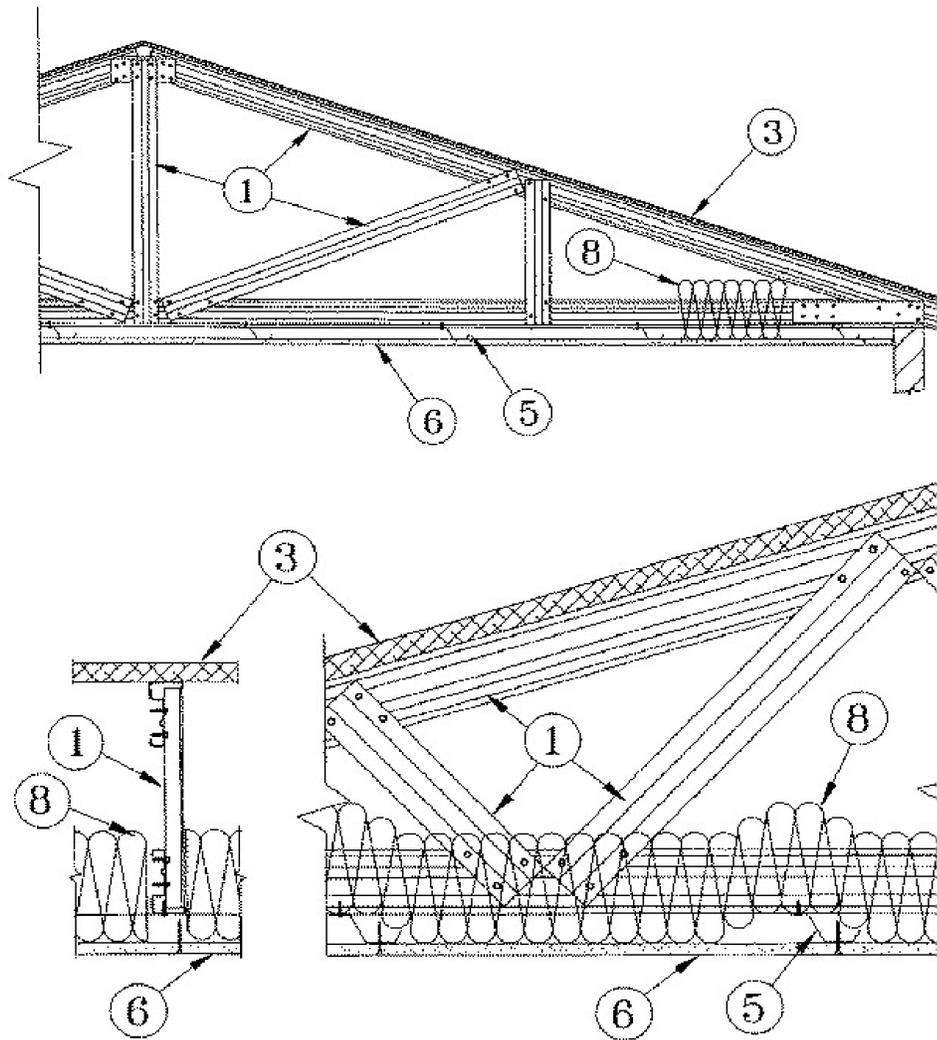
February 12, 2019

**Restrained Assembly Rating - 1 and 1-1/2 h (See Items 6 and 8)**

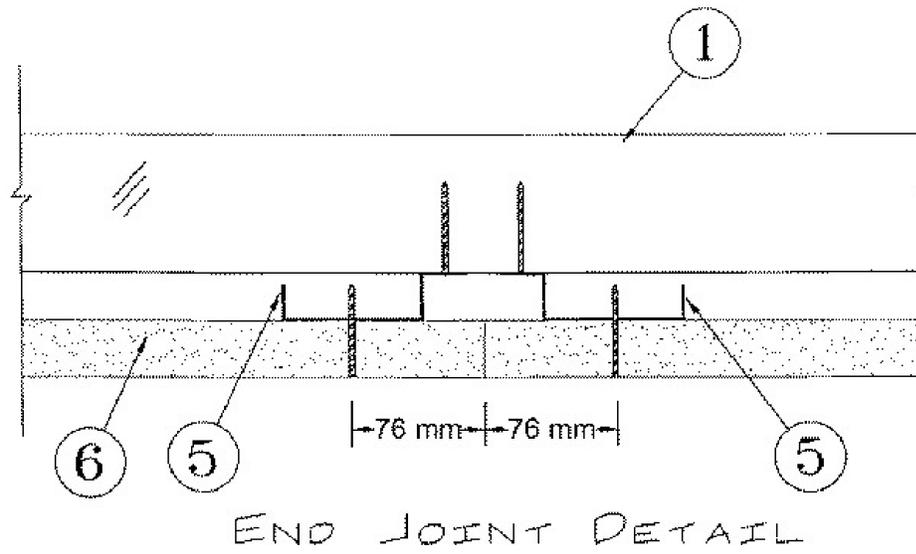
**Unrestrained Assembly Rating - 1 and 1-1/2 h (See Items 6, 8, and 8A)**

R501 - BXUVC.R501 - UL Product Spec Canada

<http://productspec.ul.com/canada/document.php?id=BXUVC...>



R501 - BXUVC.R501 - UL Product Spec Canada

<http://productspec.ul.com/canada/document.php?id=BXUVC...>

• **1. Structural Components** — (CIZTC). Pre-fabricated light-gauge steel truss system designated as "Ultra-Span, Pre-fabricated Light Gauge Steel Truss System" consisting of cold-formed, galvanized steel chord and web sections. Trusses fabricated in various sizes, depths and from various steel thicknesses. Trusses spaced a maximum of 1220 mm OC.  
**AEGIS METAL FRAMING, DIV OF MITEK**

**2. Bridging** — (not shown) — Location of lateral bracing for truss chord and web sections to be specified on truss engineering.

**3. Roof system** — Any ULC Classified Class A, B or C Roofing System or Prepared Roof Covering acceptable for use over nominal 18 mm thick wood structural panels, minimum grade "C-D" or "Sheathing". Nominal 18 mm thick wood structural panels mechanically fastened to top chord of steel trusses with fasteners spaced a maximum of 305 mm OC. As an option, the wood structural panels may be installed to minimum 0.91 mm steel purlins or hat channels. Steel purlins or hat channels to be spaced a maximum 610 mm OC and welded or mechanically fastened, transverse to steel roof trusses (Item 1).

**3A. Steel Roof Deck** — (not shown) — In lieu of, or in addition to the wood structural panels described in Item 3, the steel roof deck may consist of corrugated or fluted steel form units, minimum 14 mm deep, minimum 0.76 mm thick uncoated steel painted or galvanized, welded or mechanically fastened at a max. 305 mm OC to the top chord of the roof trusses (Item 1). When used in addition to the wood structural panels described in Item 3, Batts

and Blankets (Item 8) is optional. When used lieu of the wood structural panels described in Item 3, Batts and Blankets (Item 8) must be used and the Class A, B or C Roofing System must include a minimum 19 mm thickness of roof insulation or 12.7 mm thickness of Classified or unclassified gypsum boards. If polystyrene roof insulation is used, it must be installed on top of a minimum 12.7 mm thickness of Classified or unclassified gypsum boards .

**4. Vapour Barrier** — (not shown) — Optional — Commercial asphalt saturated felt, 0.762 mm thick, applied over the wood structural panels.

**5. Furring Channels** — Resilient channels formed of minimum 0.63 mm galvanized steel, installed perpendicular to the steel trusses (Item 1), spaced a maximum of 406 mm OC when no insulation (Item 8 or 8A) is fitted in the concealed space, or a maximum of 305 mm OC when insulation (Item 8 or 8A) is fitted in the concealed space, draped over the resilient channel/gypsum wallboard ceiling membrane. Two courses of resilient channel positioned 152 mm OC at wallboard butt-joints (76 mm from each end of wallboard). Channels oriented opposite at wallboard butt-joints. Channel splices overlapped 102 mm beneath steel trusses. Channels secured to each truss with Type S12 by 13 mm long screws.

**5A. Furring Channels** — (not shown) — As an alternate to Item 5 — Hat channels minimum 1.01 mm thick galvanized steel, minimum 67 mm wide by minimum 22 mm deep, installed perpendicular to the trusses (Item 1) spaced a maximum of 406 mm OC when no insulation (Item 8 or 8A) is fitted in the concealed space, or a maximum 305 mm OC when insulation (Item 8 or 8A) is fitted in the concealed space, draped over the hat channel/gypsum board ceiling membrane. Two courses of channel positioned 152 mm OC, 76 mm from each end of wallboard. Channel splices overlapped 152 mm beneath steel trusses. Channels secured to each truss with 1.21 mm thick steel wire double strand saddle ties. Channels tied together with double strand of 1.21 mm thick steel wire at each end overlap.

**5B. Furring Channels** — As an alternate to Items 5 and 5A, resilient channels, double legged formed of minimum 0.63 mm thick galvanized steel, 73 mm wide by 13 mm deep, installed perpendicular to the trusses (Item 1) spaced maximum 406 mm OC when no insulation (Item 8 or 8A) is fitted in the concealed space, or a maximum of 305 mm OC when insulation (Item 8 or 8A) is fitted in the concealed space, draped over the resilient channel/gypsum wallboard ceiling membrane. Two courses of resilient channel positioned 152 mm OC at wallboard butt-joints (76 mm from each end of wallboard). Channel splices overlapped 102 mm beneath steel trusses. Channels secured to each truss with Type S12 by 13 mm long screws or with 1.21 mm thick

galvanized steel wire double strand saddle ties. Channels tied together with double strand of 1.21 mm thick galvanized steel wire at each end of overlap.

• **6. Gypsum Board** — (CKNXC). For the 1 h Ratings - One layer of nominal 15.9 mm thick by 1220 mm wide boards designated as "Sheetrock Firecode C", installed with long dimension parallel to trusses. Attached to the resilient channels using 25 mm long Type S bugle-head screws. Screws spaced a maximum of 305 mm OC along butted end-joints and in the field when no insulation (Item 8 or 8A) is fitted in the concealed space or a maximum of 203 mm OC along butted end-joints and in the field when insulation (Item 8 or 8A) is fitted in the concealed space, draped over the resilient channel/gypsum wallboard ceiling membrane. For the 1-1/2 h Ratings - Two layers of nominal 15.9 mm thick by 1220 mm wide boards designated as "Sheetrock Firecode C", installed with long dimension parallel to trusses. Base layer attached to the resilient channels using 25 mm long Type S bugle-head screws spaced a maximum of 203 mm OC along butted end-joints and in the field. Face layer attached to the resilient channels using 41 mm long Type S bugle-head screws spaced a maximum of 203 mm OC along butted end-joints and in the field. Screws staggered from base layer screws. Face layer side and end joints offset a minimum 406 mm from base layer side and end joints.

**CGC INC** — Types C, IP-X2, WRC

**UNITED STATES GYPSUM CO** — Types C, IP-X2, WRC

**7. Finishing System** — (not shown) — Vinyl, dry or premixed joint compound, applied in two coats to joints and screw-heads; paper tape, 51 mm embedded in first layer of compound over all joints. As an alternate, nominal 2 mm thick veneer plaster may be applied to the entire surface of gypsum wallboard.

**8. Batts and Blankets** — Optional for the 1 h Ratings - Any thickness mineral wool or glass fibre insulation bearing the ULC Listing mark for Surface Burning Characteristics, having a flame spread value of 25 or less and a smoke spread value of 50 or less. Insulation fitted in the concealed space, draped over the resilient channel/gypsum wallboard ceiling membrane. Mandatory for the 1-1/2 h Ratings-Minimum 241 mm thick glass fibre insulation bearing the ULC Listing mark for Surface Burning Characteristics, having a flame spread value of 25 or less and a smoke spread value of 50 or less. Insulation fitted in the concealed space, draped over the resilient channel/gypsum wallboard ceiling membrane.

**8A. Loose Fill Insulation** — As an alternate to Item 8 — Optional for the 1 h Ratings — Any thickness of loose fill material bearing

R501 - BXUVC.R501 - UL Product Spec Canada

<http://productspec.ul.com/canada/document.php?id=BXUVC...>

the ULC Listing mark for Surface Burning Characteristics, having a flame spread value of 25 or less and a smoke spread value of 50 or less. Insulation fitted in the concealed space, draped over the resilient channel/gypsum wallboard ceiling membrane. Mandatory for the 1-1/2 h Ratings - Minimum 241 mm thickness of loose fill material bearing the ULC Listing mark for Surface Burning Characteristics, having a flame spread value of 25 or less and a smoke spread value of 50 or less. Insulation fitted in the concealed space, draped over the resilient channel/gypsum wallboard ceiling membrane.

**Alternate Ceiling Membrane — not shown — Not for use when insulation (Item 8 or 8A) is used.**

• **9. Steel Framing Members** — (CIKVC). Type RX Drywall Suspension System.

A. **Main Runners** — Installed perpendicular to Structural Steel Members, - Nominal 3.7 m. long, 24 mm or 38 mm wide face, spaced 1.22 m OC. Main runners hung a minimum of 51 mm from bottom chord of Structural Steel Members with 2.68 mm thick galvanized steel wire. Wires located a maximum of 1.22 m OC

B. **Cross Tees or Channels** — Nominal 1.22 m long, 24 mm or 38 mm wide face, or cross channels, nominal 1.22 m long, 38 mm wide face, installed perpendicular to the main runners, spaced 406 mm OC. Additional cross tees or channels used at 203 mm from each side of butted wallboard end joints. The cross tees or channels may be riveted or screw-attached to the wall angle or channel to facilitate the ceiling installation.

C. **Wall Angles or Channels**• — Used to support steel framing member ends and for screw-attachment of the gypsum wallboard - Painted or galvanized steel angles with 25 mm legs, or channels with 25 mm legs and 40 mm depth, attached to walls at perimeter of ceiling with fasteners 406 mm OC.

**CGC INC**

• **10. Gypsum Board** — (CKNXC). For use with Steel Framing Members (Item 9) - One layer of nominal 15.9 mm thick by 1220 mm wide boards designated as "Sheetrock Firecode C", installed with long dimension parallel to the main runners. Wallboard fastened to each cross tee or channel with five wallboard screws, with one screw located at the midspan of the cross tee or channel,

R501 - BXUVC.R501 - UL Product Spec Canada

<http://productspec.ul.com/canada/document.php?id=BXUVC...>

one screw located 305 mm from and on each side of the cross tee or channel mid span, and one screw located 38 mm from each wallboard side joint. Except at wallboard end joints, wallboard screws shall be located on alternating sides of cross tee flange. At wallboard end joints, wallboard screws shall be located 13 mm from the joint. Wallboard fastened to main runners with wallboard screws 13 mm from side joints, midway between intersections with cross tees or channels (406 mm OC). End joints of adjacent wallboard sheets shall be staggered not less than 813 mm. Wallboard sheets screw attached to leg of wall angle with wallboard screws spaced 305 mm OC. Joints treated as described in Item 7.

**CGC INC** — Types Sheetrock Firecode C, Sheetrock Firecode C WR, Sheetrock Mold Tough Firecode C, Grand Prix Firecode C, Sheetrock SW Firecode C, Sheetrock SW Firecode C WR, Sheetrock 54 Firecode C

**CGC INC** — Types C, IP-X2, WRC

**UNITED STATES GYPSUM CO** — Types C, IP-X2, WRC

- Indicates such products shall bear the UL or cUL Certification Mark for jurisdictions employing the UL or cUL Certification (such as Canada), respectively.

Last Updated on 2019-02-12

---

### Design/System/Construction/Assembly Usage Disclaimer

- Authorities Having Jurisdiction should be consulted in all cases as to the particular requirements covering the installation and use of UL Certified products, equipment, system, devices, and materials.
  - Authorities Having Jurisdiction should be consulted before construction.
  - Fire resistance assemblies and products are developed by the design submitter and have been investigated by UL for compliance with applicable requirements. The published information cannot always address every construction nuance encountered in the field.
  - When field issues arise, it is recommended the first contact for assistance be the technical service staff provided by the product manufacturer noted for the design. Users of fire resistance assemblies are advised to consult the general Guide Information for each product category and each group of assemblies. The Guide Information includes specifics concerning alternate materials and alternate methods of construction.
  - Only products which bear UL's Mark are considered Certified.
-

R501 - BXUVC.R501 - UL Product Spec Canada

<http://productspec.ul.com/canada/document.php?id=BXUVC...>

The appearance of a company's name or product in this database does not in itself assure that products so identified have been manufactured under UL's Follow-Up Service. Only those products bearing the UL Mark should be considered to be Certified and covered under UL's Follow-Up Service. Always look for the Mark on the product.

UL permits the reproduction of the material contained in the Online Certification Directory subject to the following conditions: 1. The Guide Information, Assemblies, Constructions, Designs, Systems, and/or Certifications (files) must be presented in their entirety and in a non-misleading manner, without any manipulation of the data (or drawings). 2. The statement "Reprinted from the Online Certifications Directory with permission from UL" must appear adjacent to the extracted material. In addition, the reprinted material must include a copyright notice in the following format: "© 2019 UL LLC".

[Print](#)[New Search](#)

---

[Other helpful UL resources](#)

---

UL and the UL logo are trademarks of UL LLC © 2019 All Rights

Reserved.

[Online Policies](#). [About Cookies](#). [Data Subject Access Request Portal](#).

U425 - BXUV.U425 - UL Product Spec

<http://productspec.ul.com/document.php?id=bxuv.u425>**FIRE-RESISTANCE DESIGN****Assembly Usage Disclaimer****BXUV - Fire Resistance Ratings - ANSI/UL 263 Certified for United States****BXUV7 - Fire Resistance Ratings - CAN/ULC-S101 Certified for Canada**

See General Information for Fire-resistance Ratings - ANSI/UL 263 Certified for United States

Design Criteria and Allowable Variances

See General Information for Fire Resistance Ratings - CAN/ULC-S101 Certified for Canada

Design Criteria and Allowable Variances

**Design No. U425**

June 10, 2019

**Bearing Wall Rating — 3/4 Hr., 1, 1-1/2 or 2 Hr.**

**(See Items 2, 4 and 5)**

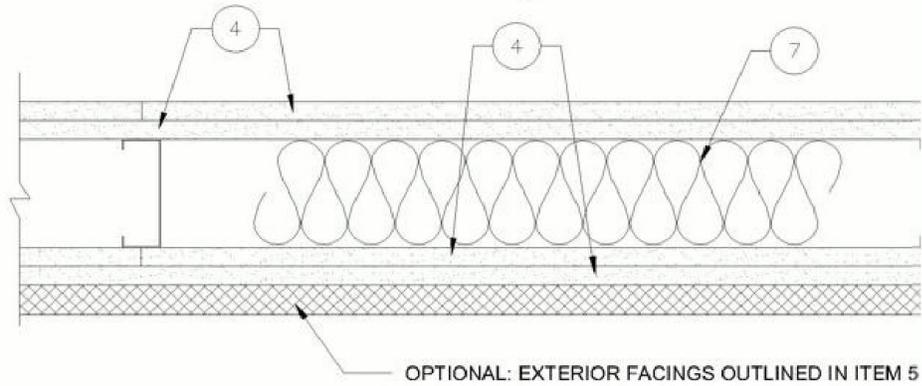
**This design was evaluated using a load design method other than the Limit States Design Method (e.g., Working Stress Design Method). For jurisdictions employing the Limit States Design Method, such as Canada, a load restriction factor shall be used — See Guide **BXUV** or **BXUV7****

**\* Indicates such products shall bear the UL or cUL Certification Mark for jurisdictions employing the UL or cUL Certification (such as Canada), respectively.**

U425 - BXUV.U425 - UL Product Spec

<http://productspec.ul.com/document.php?id=bxuv.u425>

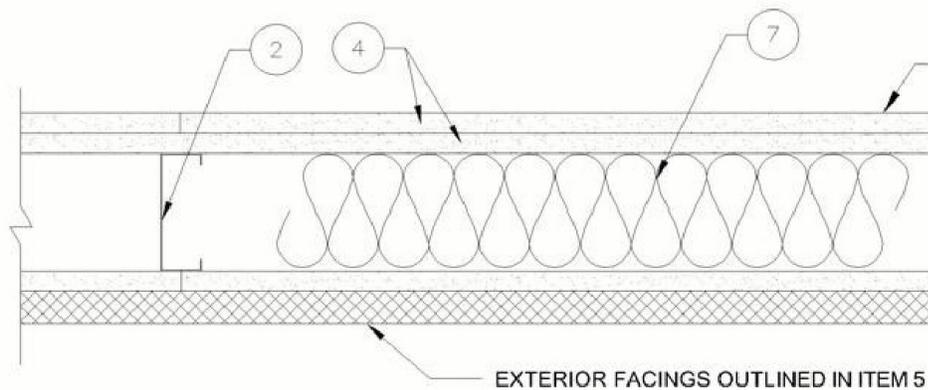
INTERIOR OR EXTERIOR WALL (FIRE FROM EITHER SIDE)



U425 - BXUV.U425 - UL Product Spec

<http://productspec.ul.com/document.php?id=bxuv.u425>

### EXTERIOR WALL (FIRE FROM INTERIOR SIDE ONLY), I



**1. Steel Floor and Ceiling Tracks** — (Not Shown) — Top and bottom tracks of wall assemblies shall consist of steel members, min No. 20 MSG (0.0329 in., min bare metal thickness) steel or min No. 20 MSG (0.036 in. thick) galv steel or No. 20 MSG (0.033 in. thick) primed steel, that provide a sound structural connection between steel studs, and to adjacent assemblies such as a floor, ceiling, and/or other walls. Attached to floor and ceiling assemblies with steel fasteners spaced not greater than 24 in. O.C.

**2. Steel Studs** — Min 3-1/2 in. wide, No. 20 MSG (0.0329 in., min bare metal thickness) corrosion protected cold formed steel studs designed in accordance with the current edition of the Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members by the American Iron and Steel Institute. All design details enhancing the structural integrity of the wall assembly, including the axial design load of the studs, shall be as specified by the steel stud designer and/or producer, and shall meet the requirements of all applicable local code agencies. The max stud

spacing of wall assemblies shall not exceed 24 in. OC (or 16 in. OC when Item 5b is used). Studs attached to floor and ceiling tracks with 1/2 in. long Type S-12 steel screws on both sides of studs or by welded or bolted connections designed in accordance with the AISI specifications.

**2A. Steel Studs — Framing Members\*** — In lieu of Item 2 — Min 3-1/2 in. wide, No. 20 MSG (0.0329 in., min bare metal thickness) corrosion protected cold formed steel studs designed in accordance with the current edition of the Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members by the American Iron and Steel Institute. All design details enhancing the structural integrity of the wall assembly, including the axial design load of the studs, shall be as specified by the steel stud designer and/or producer, and shall meet the requirements of all applicable local code agencies. The max stud spacing of wall assemblies shall not exceed 24 in. OC (or 16 in. OC when Item 5b is used). Studs attached to floor and ceiling tracks with 1/2 in. long Type S-12 steel screws on both sides of studs or by welded or bolted connections designed in accordance with the AISI specifications.

**EB METAL INC — NITROSTUD**

**2B. Steel Studs — Framing Members\*** — In lieu of Item 2 — Min 3-5/8 in. wide, No. 20 MSG (0.036 in. min. thickness) corrosion protected cold formed steel studs designed in accordance with the current edition of the Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members by the American Iron and Steel Institute. All design details enhancing the structural integrity of the wall assembly, including the axial design load of the studs, shall be as specified by the steel stud designer and/or producer, and shall meet the requirements of all applicable local code agencies. The max stud spacing of wall assemblies shall not exceed 24 in. OC (or 16 in. OC when Item 5b is used). Studs attached to floor and ceiling tracks with 1/2 in. long Type S-12 steel screws on both sides of studs or by welded or bolted connections designed in accordance with the AISI specifications.

**BAILEY METAL PRODUCTS LTD**

**3. Lateral Support Members** — (Not Shown) — Where required for lateral support of studs, support may be provided by means of steel straps, channels or other similar means as specified in the design of a particular steel stud wall system.

**4. Gypsum Board\*** — Any 1/2 in. thick UL Classified Gypsum Board that is eligible for use in Design No. X515. Any 5/8 in. thick UL Classified Gypsum Board that is eligible for use in Design Nos. L501, G512 or U305. Gypsum board bearing the UL Classification Marking as to Fire Resistance. Applied vertically with joints between layers staggered. Outer layer of 3 layer construction may be applied horizontally unless specified below. The thickness and number of layers

U425 - BXUV.U425 - UL Product Spec

<http://productspec.ul.com/document.php?id=bxuv.u425>

and percent of design load for the 45 min, 1 hr, 1-1/2 hr and 2 hr ratings are as follows:

**TABLE I****Interior or Exterior Walls (Fire From Either Side)**

Rating	Wallboard Protection Both Sides of Wall - No. of Layers & Thkns of Board In. Each Layers	% of Design Load
45 min	1 layer, 1/2 in. thick	100
1 hr	1 layer, 5/8 in. thick	100
1-1/2 hr	2 layers, 1/2 in. thick	100
2 hr	2 layers, 5/8 in. thick or	80
2 hr	3 layers, 1/2 in. thick	100
2 hr	2 layers, 3/4 in. thick	100

**Note:** Exterior facings allowed for use with Item 5 are also allowed to be installed on one side of the above walls.

**TABLE II****Exterior Walls (Fire from Interior Side Only)**

Rating	Wallboard Protection on Interior Side of Wall - No. of Layers & Thkns of Board In. Each Layers	% of Design Load
45 min	1 layer, 5/8 in. thick	100
1 hr	2 layers, 1/2 in. thick	100
1-1/2 hr	2 layers, 5/8 in. thick	100
2 hr	3 layers, 1/2 in. thick	100
2 hr	2 layers, 3/4 in. thick	100

**CABOT MANUFACTURING ULC** ([View Classification](#)) — CKNX.R25370

**AMERICAN GYPSUM CO** ([View Classification](#)) — CKNX.R14196

U425 - BXUV.U425 - UL Product Spec

<http://productspec.ul.com/document.php?id=bxuv.u425>

**BEIJING NEW BUILDING MATERIALS PUBLIC LTD CO** ([View Classification](#)) — CKNX.R19374

**CERTAINTED GYPSUM INC** ([View Classification](#)) — CKNX.R3660

**CGC INC** ([View Classification](#)) — CKNX.R19751

**CONTINENTAL BUILDING PRODUCTS OPERATING CO, L L C** ([View Classification](#)) — CKNX.R18482

**GEORGIA-PACIFIC GYPSUM L L C** ([View Classification](#)) — CKNX.R2717

**LOADMASTER SYSTEMS INC** ([View Classification](#)) — CKNX.R11809

**NATIONAL GYPSUM CO** ([View Classification](#)) — Riyadh, Saudi Arabia — CKNX.15208

**NATIONAL GYPSUM CO** ([View Classification](#)) — CKNX.R3501

**PABCO BUILDING PRODUCTS L L C, DBA PABCO GYPSUM** ([View Classification](#)) — CKNX.R7094

**PANEL REY S A** ([View Classification](#)) — CKNX.R21796

**SIAM GYPSUM INDUSTRY (SARABURI) CO LTD** ([View Classification](#)) — CKNX.R19262

**THAI GYPSUM PRODUCTS PCL** ([View Classification](#)) — CKNX.R27517

**UNITED STATES GYPSUM CO** ([View Classification](#)) — CKNX.R1319

**USG BORAL DRYWALL SFZ LLC** ([View Classification](#)) — CKNX.R38438

**USG MEXICO S A DE C V** ([View Classification](#)) — CKNX.R16089

U425 - BXUV.U425 - UL Product Spec

<http://productspec.ul.com/document.php?id=bxuv.u425>

**4A. Gypsum Board** — Nom. 3/4 in. gypsum board applied vertically with joints between layers staggered. The thickness and number of layers and percent of design load for the 2 hr ratings are shown in the table above.

**CGC INC** — Types AR, IP-AR, IP-X3, or ULTRACODE

**UNITED STATES GYPSUM CO** — Types AR, IP-AR, IP-X3, or ULTRACODE

**USG BORAL DRYWALL SFZ LLC** — Type ULTRACODE

**USG MEXICO S A DE C V** — Types AR, IP-AR, IP-X3, or ULTRACODE

**4B. Gypsum Board\*** — (As an alternate to Item 4) — Nom. 5/8 in. thick gypsum panels, with square edges, applied horizontally. Gypsum panels fastened to framing with 1 in. long bugle head steel screws spaced a max 8 in. OC, with last 2 screws 3/4 in. and 4 in. from each edge of board. Horizontal joints need not be backed by steel framing. Horizontal edge joints and horizontal butt joints on opposite sides of studs on interior walls need not be staggered. Horizontal edge joints and horizontal butt joints in adjacent layers on interior walls (multilayer systems) staggered a min of 12 in.

**GEORGIA-PACIFIC GYPSUM L L C** — GreenGlass Type X, Type DGG

**NATIONAL GYPSUM CO** — Type FSW-6.

**CERTAINTEED GYPSUM INC** — GlasRoc

**4C. Gypsum Board\*** — (As an alternate to Item 4) — 5/8 in. thick, 4 ft. wide, paper surfaced applied vertically only and secured as described in Item 6.

**GEORGIA-PACIFIC GYPSUM L L C** — Type X ComfortGuard Sound Deadening Gypsum Board.

**NATIONAL GYPSUM CO** — SoundBreak XP Type X Gypsum Board

U425 - BXUV.U425 - UL Product Spec

<http://productspec.ul.com/document.php?id=bxuv.u425>

**4D. Wall and Partition Facings and Accessories\*** — (As an alternate to Item 4) — Nominal 5/8 in. thick, 4 ft wide panels, applied vertically and secured as described in Item 4.

**PABCO BUILDING PRODUCTS L L C, DBA PABCO GYPSUM** —  
Type QuietRock ES.

**4E. Wall and Partition Facings and Accessories\*** — (As an alternate to Item 4) — Nominal 5/8 in. thick, 4 ft wide panels, applied vertically and secured as described in Item 4.

**PABCO BUILDING PRODUCTS L L C, DBA PABCO GYPSUM** —  
Type QuietRock 527.

**4F. Gypsum Board\*** — (As an alternate to 5/8 in. Type FSW in Item 4) — Nom. 5/16 in. thick gypsum panels applied vertically. Two layers of 5/16 in. for every single layer of 5/8 in. gypsum board described in Item 4. Horizontal joints on the same side need not be staggered. Inner layer of each double 5/16 in. layer attached with fasteners, as described in item 4, spaced 24 in. OC. Outer layer of each double 5/16 in. layer attached per Item 4.

**NATIONAL GYPSUM CO** — Type FSW.

**4G. Wall and Partition Facings and Accessories\*** — (As an alternate to 5/8 in. thick board as outlined in Item 4) — Nominal 1-3/8 in. thick, 4 ft wide panels, applied vertically or horizontally. Fastened to studs as described in item 6.

**PABCO BUILDING PRODUCTS L L C, DBA PABCO GYPSUM** —  
Type QuietRock 545

**5. Gypsum Boards** — For exterior walls, Rating from Interior Side Only - 1/2 or 5/8 in. thick Classified or unclassified gypsum boards applied vertically and attached to studs and runner tracks with 1 in. long Type S-12 bugle head screws spaced 12 in. OC. along studs and tracks. One of the following exterior facings are to be applied over the gypsum board.

a. **Siding, Brick, or Stucco** — Aluminum siding, steel siding, brick veneer, or stucco attached to studs over gypsum sheathing and meeting the requirements of local code agencies. When a min 3-3/4 in. thick brick veneer facing is used, the Exterior Wall Rating is applicable with exposure on either face. Brick veneer wall attached to studs with corrugated metal wall ties attached to each stud with steel screws, not more than each sixth course of brick. When a min 3-3/4 in. thick

U425 - BXUV.U425 - UL Product Spec

<http://productspec.ul.com/document.php?id=bxuv.u425>

brick veneer facing is used, Foamed Plastic (Item 10) may be used.

b. **Cementitious Backer Units\*** — 1/2 or 5/8 in. thick, attached vertically or horizontally to steel studs over gypsum sheathing with 1-5/8 in. long, Type S-12, corrosion resistant, wafer head steel screws, spaced 8 in. OC. Studs spaced a max of 16 in. OC. Joints covered with glass fiber mesh tape.

**UNITED STATES GYPSUM CO** — Type DCB

**NATIONAL GYPSUM CO** — Type PermBase, or DuraBacker

c. **Fiber-Cement Siding** — Fiber-cement exterior sidings including smooth and patterned panel or lap siding.

d. **Molded Plastic\*** — Solid vinyl siding mechanically secured to framing members in accordance with manufacturer's recommended installation details.

**ALSIDE, DIV OF ASSOCIATED MATERIALS INC**

e. **Wood Structural Panel or Lap Siding** — APA Rated Siding, Exterior, plywood, OSB or composite panels with veneer faces and structural wood core, per PS 1 or APA Standard PRP-108, including textured, rough sawn, medium density overlay, brushed, grooved and lap siding.

f. **Building Units\*** — (Not Shown) — 3 in. thick 18 x 24 in. cellular glass blocks, applied to the gypsum board (Item 5) with PC 88 adhesive or fastened with F anchors spaced a maximum 24 in. OC. F anchors fastened to framing members with 1-1/4 in. long #6 drywall screws.

**PITTSBURGH CORNING CORP** — Type FoamGlas

6. **Fasteners** — (Not Shown) — Screws used to attach wallboard to studs: self-tapping bugle head sheet steel type, spaced 12 in. O.C. First layer Type S-12 by 1 in. long for 1/2 and 5/8 in. thick wallboards and 1-1/4 in. long for 3/4 in. thick wallboard. Second layer Type S-12 by 1-5/8 in. long for 1/2 and 5/8 in. thick wallboards and 2-1/4 in. long for 3/4 in. thick wallboard. Third layer Type S-12 by 1-7/8 in. long. Fasteners when Item 4G is used: First layer #6 x 2 in. long drywall screw spaced 8 in. OC along the perimeter and 12 in. OC in the field. Second layer #6 x 4 in. long drywall screw spaced 8 in. OC along the

U425 - BXUV.U425 - UL Product Spec

<http://productspec.ul.com/document.php?id=bxuv.u425>

perimeter and 12 in. OC in the field. Horizontal joints to be staggered 12 in. between layers.

**7. Batts and Blankets\*** — Placed in stud cavities of all exterior walls. May or may not be used in interior walls. Any glass fiber or mineral wool batt material bearing the UL Classification Marking as to Fire Resistance, of a thickness to completely fill stud cavity. See **Batts and Blankets\*** (BZJZ) Category for names of Classified companies.

**7A. Fiber, Sprayed\*** — As an alternate to Batts and Blankets (Item 7) — (100% Borate Formulation) — Spray applied cellulose material. The fiber is applied with water to completely fill the enclosed cavity in accordance with the application instructions supplied with the product with a nominal dry density of 2.7 lb/ft<sup>3</sup>. Alternate Application Method: The fiber is applied without water or adhesive at a nominal dry density of 3.5 lb/ft<sup>3</sup>, in accordance with the application instructions supplied with the product.

**U S GREENFIBER L L C** — INS735 & INS745 for use with wet or dry application. INS765LD and INS770LD are to be used for dry application only.

**7B. Fiber, Sprayed\*** — As an alternate to Item 7 — Spray applied cellulose material. The fiber is applied with water to completely fill the enclosed cavity in accordance with the application instructions supplied with the product. Nominal dry density of 4.58 lb/ft<sup>3</sup>.

**NU-WOOL CO INC** — Cellulose Insulation

**7C. Fiber, Sprayed\*** — As an alternate to Batts and Blankets (Item 7) — Spray applied cellulose fiber. The fiber is applied with water to completely fill the enclosed cavity in accordance with the application instructions supplied with the product. The minimum dry density shall be 4.30 lbs/ft<sup>3</sup>.

**INTERNATIONAL CELLULOSE CORP** — Celbar-RL

**7D. Fiber, Sprayed\*** — (Optional) — As an alternate to Batts and Blankets (Item 7) — Spray applied mineral wool insulation. The fiber is applied with adhesive, at a minimum density of 4.0 pcf, to completely fill the enclosed cavity in accordance with the application instructions supplied with the product. See Fiber, Sprayed (CCAZ).

**AMERICAN ROCKWOOL MANUFACTURING, LLC** — Type Rockwool Premium Plus

U425 - BXUV.U425 - UL Product Spec

<http://productspec.ul.com/document.php?id=bxuv.u425>

**8. Joint Tape and Compound** — (Not Shown) — Vinyl or casein, dry or premixed joint compound applied in two coats to joints and screw heads of outer layer. Perforated paper tape, 2 in. wide, embedded in first layer of compound over all joints of outer layer.

**9. Furring Channels** — (Optional, Not Shown, for single or double layer systems) — Resilient furring channels fabricated from min 25 MSG corrosion-protected steel, spaced vertically a max of 24 in. OC. Flange portion attached to each intersecting stud with 1/2 in. long Type S-12 steel screws.

**10. Foamed Plastic\*** — (Optional, Not Shown) For use with brick veneer as outlined in Item 5a - Maximum 2 in. thick rigid polystyrene insulation attached to studs with fasteners of sufficient length to penetrate the foam and 3/16 in. into the stud. A minimum 1 in. air space is to be maintained between the outer surface of the foamed plastic and the inner surface of the brick veneer.

**ATLAS EPS, DIV OF ATLAS ROOFING CORP** — Type ThermalStar

**OWENS CORNING SCIENCE AND TECHNOLOGY, LLC**

**10A. Foamed Plastic\*** — (Optional, Not shown) — For use with brick veneer as outlined in Item 5a - Mortar drop protection - Foamed plastic with mortar control device attached, continuous, by drainage holes at bottom of air space behind brick veneer.

**OWENS CORNING SCIENCE AND TECHNOLOGY, LLC** —  
WeepGuard

U425 - BXUV.U425 - UL Product Spec

<http://productspec.ul.com/document.php?id=bxuv.u425>

**10B. Foamed Plastic\*** — Polyisocyanurate foamed plastic insulation boards, any thickness, Classified in accordance with BRYX and / or CCVW. May be used with any exterior facing shown under items 5a, 5c, 5d and 5e.

**ATLAS ROOFING CORP** — "EnergyShield Pro Wall Insulation", "EnergyShield Pro 2 Wall Insulation", EnergyShield CGF Pro and EnergyShield Ply Pro

**CARLISLE COATINGS & WATERPROOFING INC** — Type R2+ SHEATHE

**FIRESTONE BUILDING PRODUCTS CO L L C** — "Enverge™ CI Foil Exterior Wall Insulation" and "Enverge™ CI Glass Exterior Wall Insulation"

**HUNTER PANELS** — Type "Xci-Class A", "Xci 286", "Xci Foil (Class A)", "Xci CG", "Xci Foil", "Xci CG NH", "Xci Foil NH"

**RMAX OPERATING L L C** — Types "TSX-8500", "ECOMAXci FR", "TSX-8510", "ECOMAX xi FR White", "ECOMAXci", "ECOMAXci FR Air Barrier", "Thermasheath-XP", "Thermasheath", "Durasheath", "Thermasheath-3", "Durasheath-3".

**THE DOW CHEMICAL CO** — Type Thermax Sheathing, Thermax Light Duty Insulation, Thermax Heavy Duty Insulation, Thermax Metal Building Board, Thermax White Finish Insulation, Thermax ci Exterior Insulation, Thermax XARMOR ci Exterior Insulation, Thermax IH Insulation, Thermax Plus Liner Panel, Thermax Heavy Duty Plus (HDP), and TUFF-R™ ci Insulation

**10C. Building Unit\*** — Polyisocyanurate foamed plastic composite insulation boards, any thickness, Classified in accordance with BZXX. May be used with any exterior facing shown under items 5a, 5c, 5d and 5e.

**HUNTER PANELS** — Type "Xci NB" and "Xci Ply"

**RMAX OPERATING L L C** — Types Thermasheath-SI, ECOBASEci, ECOMAXci FR Ply, ThermaBase-CI, "ECOMAXci Ply", attached to studs with Type S screws long enough to penetrate the studs a minimum of three threads.

U425 - BXUV.U425 - UL Product Spec

<http://productspec.ul.com/document.php?id=bxuv.u425>

**10D. Foamed Plastic\*** — (As an alternate to Item 10 - Not Shown) — Expanded polystyrene insulation installed to a maximum nominal density of 2.0 lb/ft<sup>2</sup>.

**BASF CORP STYRENIC FOAMS DIV** — — Type Neopor "F" Series

**11. Cementitious Backer Units\*** — (Optional, Not Shown - For Use as an additional layer over required gypsum boards) - 7/16 in., 1/2 in., 5/8 in., 3/4 in. or 1 in. thick, min. 32 in. wide.- Applied vertically or horizontally with vertical joints centered over studs. Fastened to studs and runners with cement board screws of adequate length to penetrate stud by a minimum of 3/8 in. spaced a max of 8 in. OC. When 4 ft. wide boards are used, horizontal joints need not be backed by framing.

**NATIONAL GYPSUM CO** — Type DuraBacker, PermaBase, DuraBacker Plus, or PermaBase Plus

**12. Wall and Partition Facings and Accessories\*** — (Optional, Not Shown) — For use with Item 1, Items 2 and 2A, Item 3, Item 4 to 4B, Item 6, Item 7, Item 8 and Item 9. For maximum fire rating of 1 hour. On one side of the wall, over the first layer of Gypsum Board (Item 4 to 4B), install RefleXor membrane with the gold side facing outwards. Membrane installed with T50 staples spaced 12 inches on center in both directions as per manufacturer's instructions, seams in membrane to be overlapped by 2 inches. When RefleXor membrane is used an additional layer of Gypsum Board that is identical to the one used in the first layer and as specified in Item 4 to 4B shall be installed over the membrane. The additional layer of Gypsum Board to be installed through the membrane to the stud as specified in Item 4 to 4B except the fastener length shall be increased by a minimum of 5/8 inch. Install Batts and Blankets in the stud cavity as per Item 7. On the other side of the wall prior to the installation of the Gypsum Board install Resilient Channels , 25 MSG galv steel, spaced vertically 24 in. OC, flange portion screw attached to one side of studs with 1-1/4 in. long diamond shaped point, double lead Phillips head steel screws. Over the Resilient Channels install 3/4 inch thick SONOpan panel secured to the Resilient Channels with drywall screws and washers spaced at 16 in. OC on the perimeter of the panel and 8 in. OC in the field of the panel. Over the SONOpan panel install the same Gypsum Board as specified in Item 4 (and 4 alternates) with the fastener length increased by minimum 3/4 inch. Not evaluated or intended as a substitute for the required layer(s) of UL Classified Gypsum Board.

**MSL** — RefleXor membrane, SONOpan panel.

**13. Wall and Partition Facings and Accessories\*** — (Optional, Not Shown) - **When the Wall Assembly is used as an External Wall, on**

**the External side of the wall one of the following Wall and Partition and Facing Accessories may be used, refer to items (A) to (C) below.**

**A. Non Insulated System with Metal Channels —**

Install moisture barrier over the Gypsum Board Item 4 and Install Acry Metal Channels vertically at a horizontal spacing not greater than 24 inches OC over the moisture barrier. Acry Metal Channels attached through the moisture barrier and the Gypsum Board to the Steel Studs Item 2 using fasteners specified by the manufacturer and fasteners spaced max., 24 in. OC. Install Acrytec Panels on Acry Metal Channels using 1-1/4" long corrosion coated stainless steel screws spaced at a max spacing of 24 inches OC, along with manufacturer's approved adhesive (3M 540 or Tremco Vulcum 116). Adhesive to be applied in a zigzag pattern along every channel. Joint treatment in between panels shall be Tremco illmod 600 pre compressed polyurethane foam sealant.

**B. Insulated System with Metal Channels —**

Install moisture barrier over the Gypsum Board Item 4. Install galvanized Z girt channels specified by the manufacturer over the moisture barrier and the Gypsum Board Item 4. Z girt channels to be installed horizontally at a max. spacing of 24" OC. Z girt channels attached through the Gypsum Board and the moisture barrier to the Steel Studs Item 2, with screws provided by the manufacturer at a max spacing of 24 inches OC. Install mineral wool insulation between the Z girts. Maximum thickness of mineral wool insulation not to exceed 6 in. As per manufacturer's instructions install Acry Metal Channels vertically over the Z girts at a max horizontal spacing of 24 in. OC. Acrytec Panels installed on Acry channel with 1-1/4" long corrosion coated stainless steel screws at a max spacing of 24 in. OC, along with manufacturers approved adhesive (3M 540 or Tremco Vulcum 116). Adhesive to be applied in a zigzag pattern along every channel. Joint treatment in between panels to be Tremco illmod 600 pre compressed polyurethane foam sealant.

**C. Non Insulated Wood Strapping System —**

Install moisture barrier over the Gypsum Board Item 4 and Install 1" x 3" wood strapping vertically at a horizontal spacing not greater than 24 inches OC., over the moisture barrier. 1" x 3" wood strapping attached through the moisture barrier and the Gypsum Board to the Steel Studs Item 2, using fasteners specified by the manufacturer and fasteners spaced max., 24 in.

U425 - BXUV.U425 - UL Product Spec

<http://productspec.ul.com/document.php?id=bxuv.u425>

OC. Acrytec Panels to be installed on the 1" x 3" wood strapping using manufacturers approved stainless steel fasteners spaced at maximum 24 inches OC along with Tremco Vulcum 116 adhesive applied in a zigzag pattern along every wood strap. Joint treatment in between panels to be Tremco illmod 600 pre compressed polyurethane foam sealant.

**D. Insulated Wood Strapping System** — Install moisture barrier over the Gypsum Board Item 4. Install Extruded Polystyrene Insulation over moisture barrier, max thickness of insulation not to exceed 4 inches. Install 1" x 3" wood strapping vertically at a horizontal spacing not greater than 24 inches OC. Wood strapping attached through the Insulation, the Gypsum Board and moisture barrier to the Steel Studs Item 2 using fasteners specified by the manufacturer and fasteners spaced max. 24 in. OC. Acrytec Panels to be installed over the wood strapping using manufacturers approved stainless steel fasteners at a max spacing of 24 in. OC and Tremco Vulcum 116 adhesive applied in a zigzag pattern along every wood strap. Joint treatment in between panels to be Tremco illmod 600 pre compressed polyurethane foam sealant.

**ACRYTEC PANEL INDUSTRIES** — Nominal 5/8 inch thick Acrytec Panel.

**\* Indicates such products shall bear the UL or cUL Certification Mark for jurisdictions employing the UL or cUL Certification (such as Canada), respectively.**

Last Updated on 2019-06-10

---

#### **Design/System/Construction/Assembly Usage Disclaimer**

- Authorities Having Jurisdiction should be consulted in all cases as to the particular requirements covering the installation and use of UL Certified products, equipment, system, devices, and materials.
- Authorities Having Jurisdiction should be consulted before construction.
- Fire resistance assemblies and products are developed by the design submitter and have been investigated by UL for compliance with applicable requirements. The published information cannot always address every construction nuance encountered in the field.
- When field issues arise, it is recommended the first contact for assistance be the technical service staff provided by the product manufacturer noted for the design. Users of fire resistance assemblies are advised to consult the general Guide Information for each product category and each group of assemblies. The Guide

U425 - BXUV.U425 - UL Product Spec

<http://productspec.ul.com/document.php?id=bxuv.u425>

Information includes specifics concerning alternate materials and alternate methods of construction.

- Only products which bear UL's Mark are considered Certified.

---

The appearance of a company's name or product in this database does not in itself assure that products so identified have been manufactured under UL's Follow-Up Service. Only those products bearing the UL Mark should be considered to be Certified and covered under UL's Follow-Up Service. Always look for the Mark on the product.

UL permits the reproduction of the material contained in the Online Certification Directory subject to the following conditions: 1. The Guide Information, Assemblies, Constructions, Designs, Systems, and/or Certifications (files) must be presented in their entirety and in a non-misleading manner, without any manipulation of the data (or drawings). 2. The statement "Reprinted from the Online Certifications Directory with permission from UL" must appear adjacent to the extracted material. In addition, the reprinted material must include a copyright notice in the following format: "© 2019 UL LLC".

UL and the UL logo are trademarks of UL LLC © 2019 All Rights Reserved.

8/7/2018

BXUV.U415 - Fire-resistance Ratings - ANSI/UL 263

 **ONLINE CERTIFICATIONS DIRECTORY**

---

 **IMPROVED CERTIFICATIONS SEARCH TOOL. REGISTER NOW!** [▶ LEARN MORE](#)

**Design No. U415**  
**BXUV.U415**  
**Fire-resistance Ratings - ANSI/UL 263**

[Page Bottom](#)

**Design/System/Construction/Assembly Usage Disclaimer**

- Authorities Having Jurisdiction should be consulted in all cases as to the particular requirements covering the installation and use of UL Certified products, equipment, system, devices, and materials.
- Authorities Having Jurisdiction should be consulted before construction.
- Fire resistance assemblies and products are developed by the design submitter and have been investigated by UL for compliance with applicable requirements. The published information cannot always address every construction nuance encountered in the field.
- When field issues arise, it is recommended the first contact for assistance be the technical service staff provided by the product manufacturer noted for the design. Users of fire resistance assemblies are advised to consult the general Guide Information for each product category and each group of assemblies. The Guide Information includes specifics concerning alternate materials and alternate methods of construction.
- Only products which bear UL's Mark are considered Certified.

**BXUV - Fire Resistance Ratings - ANSI/UL 263 Certified for United States**

**BXUV7 - Fire Resistance Ratings - CAN/ULC-S101 Certified for Canada**

[See General Information for Fire-resistance Ratings - ANSI/UL 263 Certified for United States Design Criteria and Allowable Variances](#)

[See General Information for Fire Resistance Ratings - CAN/ULC-S101 Certified for Canada Design Criteria and Allowable Variances](#)

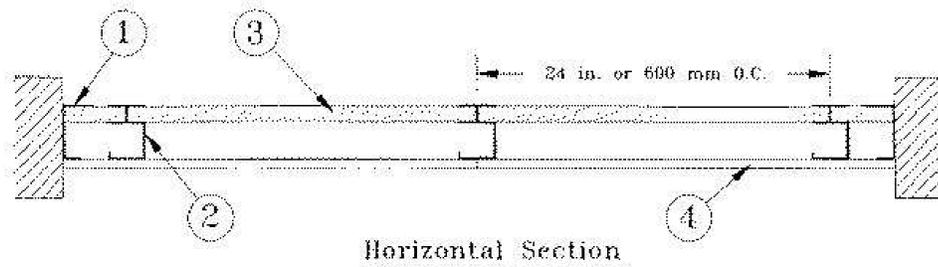
**Design No. U415**

July 12, 2018

**Nonbearing Wall Ratings – 1, 2, 3 or 4 Hr**

\* Indicates such products shall bear the UL or cUL Certification Mark for jurisdictions employing the UL or cUL Certification (such as Canada), respectively.

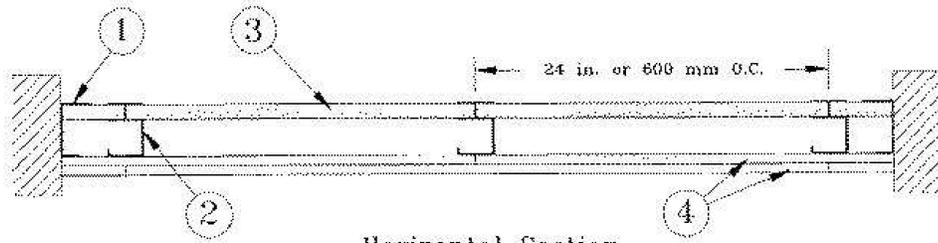
System A – 1 Hr.



8/7/2018

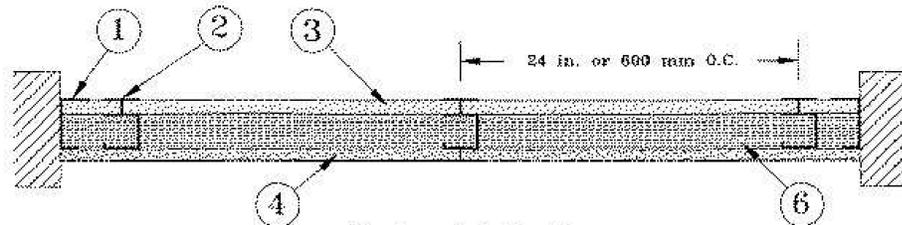
BXUV.U415 - Fire-resistance Ratings - ANSI/UL 263

System B - 2 Hr.



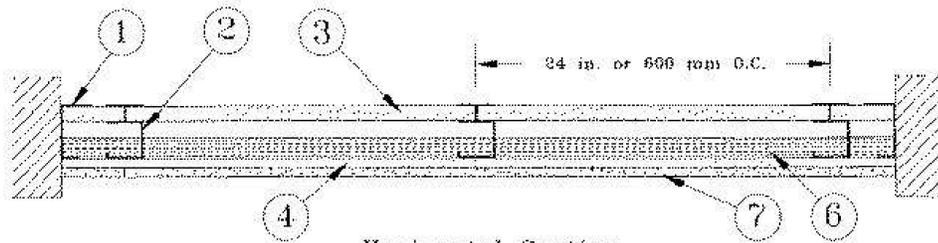
Horizontal Section

System C - 2 Hr.



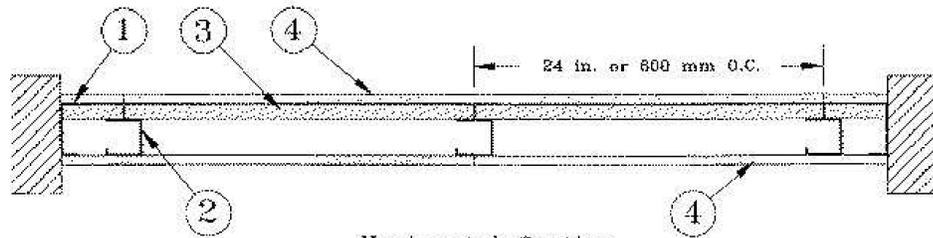
Horizontal Section

System D - 2 Hr.



Horizontal Section

System E - 2 Hr.

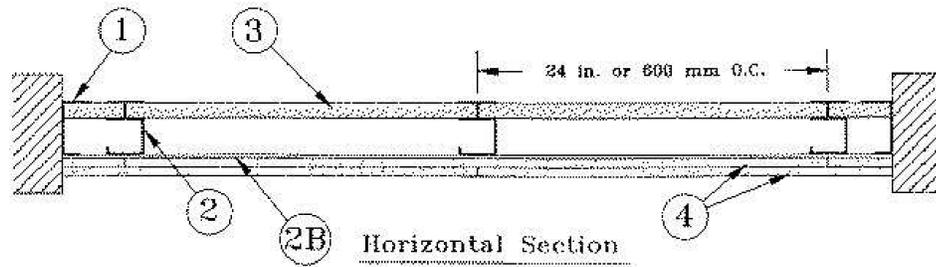


Horizontal Section

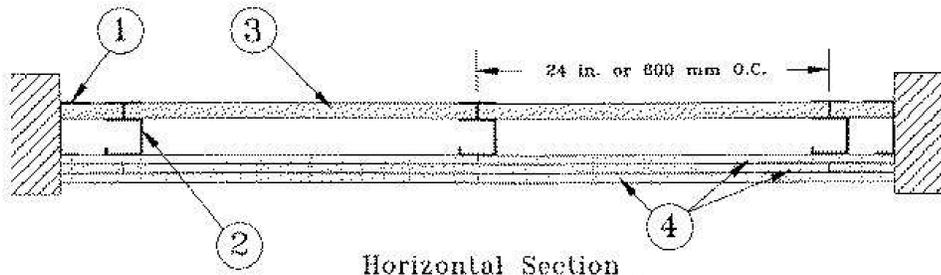
8/7/2018

BXUV.U415 - Fire-resistance Ratings - ANSI/UL 263

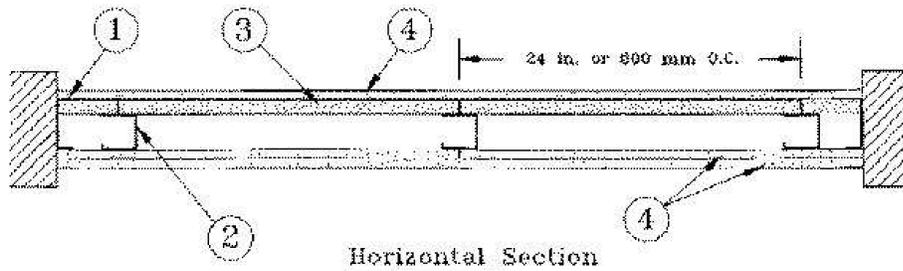
System F - 2 Hr.



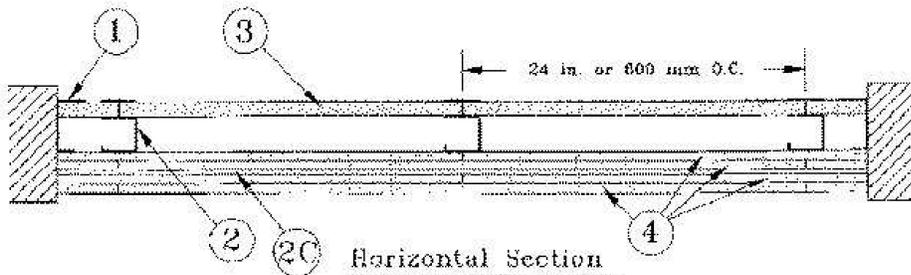
System G - 3 Hr.



System H - 3 Hr.



System I - 4 Hr.



1. Floor, Side and Ceiling Runners - "J" - shaped runner, min 2-1/2 in. deep (min 4 in. deep when System C is used), with unequal legs of 1 in. and 2 in., fabricated from min 24 MSG (min 20 MSG when Item 4A, 4B, 4C, 4D or 7 are used) galv steel. Runners positioned with short leg toward finished side of wall. Runners attached to structural supports with

8/7/2018

BXUV.U415 - Fire-resistance Ratings - ANSI/UL 263

steel fasteners located not greater than 2 in. from ends and not greater than 24 in. OC. "E" - shaped studs (Item 2A) may be used as side runners in place of "J" - shaped runners.

2. **Steel Studs** — "C-H" - shaped studs, min 2-1/2 in. deep (min 4 in. deep when System C is used), fabricated from min 25 MSG (min 20 MSG when Items 2D, 4A, 4B, 4C, 4D or 7 is used) galv steel. Cut to lengths 3/8 to 1/2 in. less than floor-to-ceiling height and spaced 24 in. or 600 mm OC (max 16 in. OC when Items 4A, 4B, 4C, or 4D are used).

2A. **Steel Studs** — (Not Shown) — "E" - shaped studs installed back to back in place of "C-H" - shaped studs (Item 2) "E" - shaped studs secured together with steel screws spaced a maximum 12 in. OC. Fabricated from min 25 MSG (min 20 MSG when Item 2D, 4A, 4B or 7 is used) galv steel, min 2-1/2 in. deep (min 4 in. deep when System C is used), with one leg 1 in. long and two legs 3/4 in. long. Shorter legs 1 in. apart to engage gypsum liner panels. Cut to lengths 3/8 to 1/2 in. less than floor to ceiling heights.

2B. **Furring Channels** — (Optional, Not Shown) — For use with single or double layer systems. Resilient furring channels fabricated from min 25MSG corrosion protected steel, installed horizontally, and spaced vertically a max 24 in. OC. Flange portion of channel attached to each intersecting "C-H" or "E" stud on side of stud opposite the 1 in. liner panels with 1/2 in. long Type S or S-12 pan-head steel screws. When furring channels are used, wallboard to be installed vertically only. Not to be used with Type FRX-G gypsum wallboard, Type RB-LBG (Item 4A), Type Nelco (Item 4B) or cementitious backer units (Item 7).

2C. **Furring Channels** — For use with System I - "Hat" - shaped, 25 MSG galv steel furring channels attached directly over the inner layers of wallboard to each stud with 2 in. long Type S pan head steel screws. Screws alternate from top flange to bottom flange at each stud intersection. Furring channels spaced vertically max 24 in. OC.

2D. **Steel Framing Members\*** — (Optional, Not Shown) — For use with single or double layer systems. Furring channels and Steel Framing Members as described below. Not to be used with Type FRX-G gypsum wallboard, Type RB-LBG (Item 4A), Type Nelco (Item 4B) or cementitious backer units (Item 7):

a. **Furring Channels** — Formed of No. 25 MSG galv steel. 2-9/16 in. or 2-23/32 in. wide by 7/8 in. deep, spaced max. 24 in. OC perpendicular to studs. Channels secured to studs as described in Item b. Gypsum board installed vertically only and attached to furring channels as described in Item 4.

b. **Steel Framing Members\*** — Used to attach furring channels (Item 2Da) to studs (Item 2 or 2A). Clips spaced max. 24 in. OC., and secured to studs with No. 8 x 1-1/2 in. minimum self-drilling, S-12 steel screw through the center grommet. Furring channels are friction fitted into clips. RSIC-1 clip for use with 2-9/16 in. wide furring channels. RSIC-1 (2.75) clip for use with 2-23/32 in. wide furring channels.

**PAC INTERNATIONAL L L C** — Types RSIC-1, RSIC-1 (2.75)

2E. **Steel Framing Members\*** — (Optional, Not Shown) — Furring channels and Steel Framing Members as described below. . Not to be used with Type FRX-G gypsum wallboard, Type RB-LBG (Item 4A), Type Nelco (Item 4B), Type X-Ray Shielded Gypsum (Item 4C), Type RPP-Lead Lined Drywall (Item 4F) or cementitious backer units (Item 7):

a. **Furring Channels** — Formed of No. 25 MSG galv steel. Spaced 24 in. OC perpendicular to studs. Channels secured to studs as described in Item b. Ends of adjoining channels overlapped 6 in. and tied together with double strand of No. 18 AWG galvanized steel wire. Gypsum board attached to furring channels as described in Item 4.

b. **Steel Framing Members\*** — Used to attach furring channels (Item 2Ea) to studs. Clips spaced 24 in. OC., and secured to studs with 2 in. coarse drywall screw with 1 in. diam washer through the center hole. Furring channels are friction fitted into clips.

**STUDCO BUILDING SYSTEMS** — RESILMOUNT Sound Isolation Clips - Type A237R

2F. **Steel Framing Members\*** — (Optional, Not Shown) — For use with single or double layer systems. Furring channels and Steel Framing Members as described below. Not to be used with Type FRX-G gypsum wallboard, Type RB-LBG (Item 4A), Type Nelco (Item 4B) or cementitious backer units (Item 7):

a. **Furring Channels** — Formed of No. 25 MSG galv steel. 2-3/8 in. wide by 7/8 in. deep, spaced max. 24 in. OC perpendicular to studs. Channels secured to studs as described in Item b. Gypsum board installed vertically only and attached to furring channels as described in Item 3.

b. **Steel Framing Members\*** — Used to attach furring channels (Item 2Da) to studs (Item 2 or 2A ). Clips spaced max. 24 in. OC. GENIECLIPS secured to studs with No. 8 x 1-1/2 in. minimum self-drilling, S-12 steel screw through the center grommet. Furring channels are friction fitted into clips.

**PLITEQ INC** — Type GENIECLIP

2G. **Steel Framing Members\*** — (Optional, Not Shown) — Furring channels and Steel Framing Members as described below. Not to be used with Type FRX-G gypsum wallboard, Type RB-LBG (Item 4A), Type Nelco (Item 4B), Type X-Ray Shielded Gypsum (Item 4C), Type RPP-Lead Lined Drywall (Item 4F) or cementitious backer units (Item 7):

a. **Furring Channels** — Formed of No. 25 MSG galv steel. Spaced 24 in. OC perpendicular to studs. Channels secured to studs as described in Item 2Gb. Ends of adjoining channels overlapped 6 in. and tied together with double strand of No. 18 AWG galvanized steel wire. Gypsum board attached to furring channels as described in Item 4.

8/7/2018

BXUV.U415 - Fire-resistance Ratings - ANSI/UL 263

b. **Steel Framing Members\*** — Used to attach furring channels (Item 2Ga) to studs. Clips spaced 24 in. OC., and secured to studs with No. 8 x 2-1/2 in. coarse drywall screw through the center hole. Furring channels are friction fitted into clips.

**REGUPOL AMERICA** — Type SonusClip

2H. **Steel Framing Members\*** — (Optional, Not Shown) — Resilient channels and Steel Framing Members as described below. Not to be used with Type FRX-G gypsum wallboard, Type RB-LBG (Item 4A), Type Nelco (Item 4B), Type X-Ray Shielded Gypsum (Item 4C), Type RPP-Lead Lined Drywall (Item 4F) or cementitious backer units (Item 7)::

a. **Resilient Channels** — Formed of No. 25 MSG galv steel, spaced 24 in. OC, and perpendicular to studs. Channels secured to studs as described in Item b. Ends of adjoining channels overlapped 6 in. and secured in place with two No. 8 15 x 1/2 in. Phillips Modified Truss screws spaced 2-1/2 in. from the center of the overlap. Gypsum board attached to resilient channels as described in Item 3.

b. **Steel Framing Members\*** — Used to attach resilient channels (Item 2Ha) to studs. Clips spaced 48 in. OC., and secured to studs with No. 8 x 2-1/2 in. coarse drywall screw through the center hole. Resilient channels are secured to clips with one No. 10 x 1/2 in. pan-head self-drilling screw.

**KEENE BUILDING PRODUCTS CO INC** — Type RC+ Assurance Clip

3. **Gypsum Board\*** — Gypsum liner panels, nom 1 in. thick, 24 in. or 600 mm (for metric spacing) wide. Panels cut 1 in. less in length than floor to ceiling height. Vertical edges inserted in "H" portion of "C-H" studs or the gap between the two 3/4 in. legs of the "E" studs. Free edge of end panels attached to long leg of vertical "J" - runners with 1-5/8 in. long Type S steel screws spaced not greater than 12 in. OC. When wall height exceeds liner panel length, liner panel may be butted to extend to the full height of the wall. Horizontal joints need not be backed by steel framing. In System I, butt joints in liner panels are staggered min 36 in. Butt joints backed with 6 in. by 22 in. strips of 3/4 in. thick gypsum wallboard (Item 4). Wallboard strips centered over butt joints and secured to liner panels with six 1-1/2 in. long Type G steel screws, three screws along the 22 in. dimension at the top and bottom of the strips.

**CGC INC** — Type SLX

**UNITED STATES GYPSUM CO** — Type SLX

**USG BORAL DRYWALL SFZ LLC** — Type SLX

**USG MEXICO S A DE C V** — Type SLX

4. **Gypsum Board\*** —

#### System A — 1 Hr

Gypsum panels, with beveled, square or tapered edges, nom 5/8 in. thick, 48 in. or 1200 mm wide, applied vertically or horizontally, attached to studs with 1 in. long Type S steel screws spaced 12 in. when installed vertically or 8 in OC when installed horizontally. Horizontal joints need not be backed by steel framing.

**CGC INC** — Types AR, C, IP-AR, IP-X1, IP-X2, IPC-AR, SCX, SHX, ULX, USGX, WRC, WRX

**UNITED STATES GYPSUM CO** — Types AR, C, FRX-G, IP-AR, IP-X1, IP-X2, IPC-AR, SCX, SGX, SHX, ULIX, ULX, WRC, WRX, USGX. When ULIX is used insulation, Item 6, **Batts and Blankets\*** is required and minimum stud depth is 4 in.

**USG BORAL DRYWALL SFZ LLC** — Types C, SCX, SGX, USGX

**USG MEXICO S A DE C V** — Types AR, C, IP-AR, IP-X1, IP-X2, IPC-AR, SCX, SHX, ULX, USGX, WRC, WRX

#### System B — 2 Hr

Gypsum panels, with beveled, square or tapered edges, nom 1/2 in. or 5/8 in. thick, 48 in. or 1200 mm wide, applied vertically or horizontally in two layers. Inner or base layer attached to studs with 1 in. long Type S steel screws spaced 24 in. OC when installed vertically or 16 in. OC when installed horizontally. Outer or face layer attached to studs with 1-5/8 in. long Type S steel screws spaced 12 in. OC when installed vertically and staggered 12 in. from base layer screws or 8 in. OC when installed horizontally and staggered 8 in. from base layer screws. Horizontal joints between inner and outer layers staggered a min of 12 in. Horizontal joints need not be backed by steel framing. Vertical joints centered over studs and staggered 24 in.

8/7/2018

BXUV.U415 - Fire-resistance Ratings - ANSI/UL 263

**CGC INC** — 1/2 in. Type C, IP-X2, IPC-AR or WRC; 5/8 in. Types AR, C, IP-AR, IP-X1, IP-X2, IPC-AR, SCX, SHX, ULX, USGX, WRC, WRX

**UNITED STATES GYPSUM CO** — 1/2 in. Types C, IP-X2, IPC-AR, or WRC; 5/8 in. Types AR, C, FRX-G, IP-AR, IP-X1, IP-X2, IPC-AR, SCX, SGX, SHX, ULIX, ULX, USGX, WRC, WRX.

**USG BORAL DRYWALL SFZ LLC** — 1/2 in. Type C; 5/8 in. Types C, SCX, SGX, USGX

**USG MEXICO S A DE C V** — 1/2 in. Types C, IP-X2, IPC-AR or WRC; 5/8 in. Types AR, C, IP-AR, IP-X1, IP-X2, IPC-AR, SCX, SHX, ULX, USGX, WRC, WRX

#### System C — 2 Hr

Gypsum panels, with beveled, square or tapered edges, nom 3/4 in. thick, 48 in. or 1200 mm wide, applied vertically or horizontally, secured with 1-1/4 in. long Type S steel screws spaced 8 in. OC along vertical edges and 12 in. OC in the field when installed vertically or 8 in. OC along the vertical edges and in the field when installed horizontally. Horizontal joints need not be backed by steel framing. Screws along side joints offset 4 in. Requires min 4 in. deep framing per Items 1, 2 and 3. Requires min 3 in. thick mineral wool batts per Item 6.

**CGC INC** — Types IP-X3 or ULTRACODE

**UNITED STATES GYPSUM CO** — Types IP-X3 or ULTRACODE

**USG BORAL DRYWALL SFZ LLC** — Type ULTRACODE

**USG MEXICO S A DE C V** — Types IP-X3 or ULTRACODE

#### System D — 2 Hr

Gypsum panels, with beveled, square or tapered edges, nom 5/8 in. thick, 48 in. or 1200 mm wide, applied vertically or horizontally, attached directly to studs with 1 in. long Type S steel screws spaced 24 in. when installed vertically or 16 in. OC when installed horizontally. Horizontal joints need not be backed by steel framing. Requires face layer of 1/2 or 5/8 in. thick cementitious backer units per Item 7 and min 1-1/2 in. thick mineral wool batts per Item 6.

**CGC INC** — Types AR, C, IP-AR, IP-X1, IP-X2, IPC-AR, SCX, SHX, ULX, USGX, WRC, WRX

**UNITED STATES GYPSUM CO** — Types AR, C, FRX-G, IP-AR, IP-X1, IP-X2, IPC-AR, SCX, SGX, SHX, ULIX, ULX, USGX, WRC, WRX.

**USG BORAL DRYWALL SFZ LLC** — Types C, SCX, SGX, USGX

**USG MEXICO S A DE C V** — Types AR, C, IP-AR, IP-X1, IP-X2, IPC-AR, SCX, SHX, ULX, USGX, WRC, WRX

#### System E — 2 Hr

Gypsum panels, with beveled, square or tapered edges, nom 1/2 in. or 5/8 in. thick, 48 in. or 1200 mm wide, applied vertically or horizontally, attached to studs with 1 in. long Type S steel screws spaced 12 in. OC when installed vertically or 8 in. when installed horizontally. Horizontal joints need not be backed by steel framing.

**CGC INC** — 1/2 in. Types C, IP-X2, IPC-AR; 5/8 in. Types AR, C, IP-AR, IP-X1, IP-X2, IPC-AR, SCX, SHX, ULX, USGX, WRC, WRX

**UNITED STATES GYPSUM CO** — 1/2 in. Types C, IP-X2, IPC-AR; 5/8 in. Types AR, C, FRX-G, IP-AR, IP-X1, IP-X2, IPC-AR, SCX, SGX, SHX, ULIX, ULX, USGX, WRC, WRX.

**USG BORAL DRYWALL SFZ LLC** — 1/2 in. Type C; 5/8 in. Types C, SCX, SGX, USGX

8/7/2018

BXUV.U415 - Fire-resistance Ratings - ANSI/UL 263

**USG MEXICO S A DE C V** — 1/2 in. Types C, IP-X2, IPC-AR; 5/8 in. Types AR, C, IP-AR, IP-X1, IP-X2, IPC-AR, SCX, SHX, ULX, USGX, WRC, WRX

#### System F — 2 Hr

Gypsum panels, with beveled, square or tapered edges, nom 1/2 in. or 5/8 in. thick, 48 in. or 1200 mm wide, applied vertically in two layers. Inner or base layer attached to resilient furring channels (Item 2B) with 1 in. long Type S steel screws spaced 24 in. Outer or face layer attached to resilient furring channels (Item 2B) with 1-5/8 in. long Type S steel screws spaced 12 in. OC and staggered 12 in. from base layer screws. Joints between inner and outer layers staggered 24 in.

**CGC INC** — 1/2 in. Type C, IP-X2, IPC-AR or WRC; 5/8 in. Types AR, C, FRX-G, IP-AR, IP-X1, IP-X2, IPC-AR, SCX, SHX, ULX, USGX, WRC, WRX

**UNITED STATES GYPSUM CO** — 1/2 in. Type C, IP-X2, IPC-AR or WRC; 5/8 in. Types AR, C, FRX-G, IP-AR, IP-X1, IP-X2, IPC-AR, SCX, SGX, SHX, ULIX, ULX, USGX, WRC, WRX.

**USG BORAL DRYWALL SFZ LLC** — 1/2 in. Type C; 5/8 in. Types C, SCX

**USG MEXICO S A DE C V** — 1/2 in. Types C, IP-X2, IPC-AR or WRC; 5/8 in. Types AR, C, IP-AR, IP-X1, IP-X2, IPC-AR, SCX, SHX, ULX, USGX, WRC, WRX

#### System G — 3 Hr

Gypsum panels, with beveled, square or tapered edges, nom 5/8 in. thick, 48 in. or 1200 mm wide, applied vertically or horizontally in three layers. Inner or base layer attached to studs with 1 in. long Type S steel screws spaced 24 in. OC when installed vertically or 16 in OC when installed horizontally. Middle layer attached to studs with 1-5/8 in. long Type S steel screws spaced 24 in. when installed vertically or 16 in. OC when installed horizontally. Outer or face layer attached to studs with 2-1/4 in. long Type S steel screws spaced 16 in. when installed vertically or 12 in. OC when installed horizontally. Screws offset 6 in. from layer below. Horizontal joints on adjacent layers staggered a min of 12 in. . Horizontal joints need not be backed by steel framing. Vertical joints centered over studs and staggered 24 in. on adjacent layers.

**CGC INC** — Types C, IP-X2, IPC-AR, WRC

**UNITED STATES GYPSUM CO** — Types C, IP-X2, IPC-AR, WRC

**USG BORAL DRYWALL SFZ LLC** — Type C

**USG MEXICO S A DE C V** — Types C, IP-X2, IPC-AR, WRC

#### System H — 3 Hr

Gypsum panels, with beveled, square or tapered edges, nom 5/8 in. thick, 48 in. or 1200 mm wide, applied vertically or horizontally, two layers over the flange of the "C" section of the studs, one layer over the flange of the "H" section of the studs. Inner or base layer attached to studs with 1 in. long Type S steel screws spaced 24 in. OC when installed vertically or 16 in. OC when installed horizontally. Face layer attached to studs with 1-5/8 in. long Type S steel screws spaced 16 in. when installed vertically or 12 in. OC when installed horizontally. Screws offset 6 in. from layer below. Horizontal joints on adjacent layers staggered a min of 12 in. Horizontal joints need not be backed by steel framing. Vertical joints centered over studs and staggered 24 in. on adjacent layers.

**CGC INC** — Types C, IP-X2, IPC-AR, WRC

**UNITED STATES GYPSUM CO** — Types C, IP-X2, IPC-AR, WRC

**USG BORAL DRYWALL SFZ LLC** — Type C

**USG MEXICO S A DE C V** — Types C, IP-X2, IPC-AR, WRC

#### System I — 4 Hr

8/7/2018

BXUV.U415 - Fire-resistance Ratings - ANSI/UL 263

Gypsum panels, with beveled, square or tapered edges, nom 3/4 in. thick, 4 ft wide (or 1200 mm for metric spacing) wallboard with square or tapered edges. Total of four layers to be used. First and second (inner) layers applied vertically or horizontally over the steel studs. Horizontal joints need not be backed by steel framing. When applied vertically, joints centered over studs and staggered min 24 in., otherwise all joints staggered min 12 in. First layer secured to studs with 1-1/4 in. long Type S self-drilling, self-tapping bugle-head steel screws spaced 24 in. OC. Second layer secured to studs with 2-1/4 in. long Type S self-drilling, self-tapping bugle-head steel screws spaced 12 in. OC. Third layer applied vertically over the furring channels (Item 2C) with a 1-1/4 in. long Type S self-drilling, self-tapping bugle-head steel screws spaced 12 in. OC. Fourth layer applied vertically or horizontally with 2-1/4 in. long Type S self-drilling, self-tapping bugle-head steel screws spaced 12 in. OC. When applied vertically, joints to be staggered min 24 in. from third layer, otherwise all joints staggered min 12 in.

**CGC INC** — Types IP-X3 or ULTRACODE

**UNITED STATES GYPSUM CO** — Types IP-X3 or ULTRACODE

**USG BORAL DRYWALL SFZ LLC** — Type ULTRACODE

**USG MEXICO S A DE C V** — Types IP-X3 or ULTRACODE

**4A. Gypsum Board\*** — (As an alternate to Item 4 Systems A, B, C, D, E, G, H, and I when used as the base layer, For direct attachment only) — Nom 5/8 in. or 3/4 in. thick lead backed gypsum panels with beveled, square or tapered edges, applied vertically. Vertical joints centered over 20 MSG steel studs and staggered min 1 stud cavity on opposite sides of studs. See Items 1, 2, 2A, 2B and 2D. Wallboard secured to studs with 1-1/4 in. long Type S-12 steel screws spaced 8 in. OC at perimeter and 12 in. OC in the field. For Joint Compound see Item 5. To be used with Lead Batten Strips (see Item 9) or Lead Discs or Tabs (see Item 10).

**RAY-BAR ENGINEERING CORP** — Type RB-LBG

**4B. Gypsum Board\*** — (As an alternate to Item 4 Systems A, B, C, D, E, G, H, and I when used as the base layer, For direct attachment only) — Nominal 5/8 in. thick lead backed gypsum panels with beveled, square or tapered edges, applied vertically. Vertical joints centered over studs and staggered min 1 stud cavity on opposite sides of studs. Wallboard secured to studs with 1-1/4 in. long Type S-12 (or #6 by 1-1/4 in. long bugle head fine driller) steel screws spaced 8 in. OC at perimeter and 12 in. OC in the field.

**NEW ENGLAND LEAD BURNING CO INC, DBA NELCO** — Type Nelco

**4C. Gypsum Board\*** — (As an alternate to Item 4 Systems A, B, C, D, E, G, H, and I when used as the base layer, For direct attachment only) — Nom 5/8 or 3/4 in. thick lead backed gypsum panels with beveled, square or tapered edges, applied vertically. Vertical joints centered over 20 MSG steel studs and staggered min 1 stud cavity on opposite sides of studs. See Items 1, 2, 2A, 2B and 2D. Wallboard secured to studs with 1-1/4 in. long Type S-12 steel screws spaced 8 in. OC at perimeter and 12 in. OC in the field. For Joint Compound see Item 5. To be used with Lead Batten Strips (see Item 9A) or Lead Discs (see Item 10A). Lead batten strips required behind vertical joints of lead backed gypsum wallboard and optional at remaining stud locations. Lead batten strips, min 2 in. wide, max 10 ft long with a max thickness of 0.140 in. placed on the face of studs and attached to the stud with two 1 in. long Type S-8 pan head steel screws, one at the top of the strip and one at the bottom of the strip.

**MAYCO INDUSTRIES INC** — Type X-Ray Shielded Gypsum

**4D. Gypsum Board\*** — (As an alternate to Item 4 Systems A, B, C, D, E, G, H, and I when used as the base layer, For direct attachment only) — Nom 5/8 in. thick lead backed gypsum panels with beveled, square or tapered edges, applied vertically. Vertical joints centered over studs and staggered min 1 stud cavity on opposite sides of studs. Wallboard secured to studs with 1-1/4 in. long Type S-12 steel screws gypsum panel steel screws spaced 8 in. OC at perimeter and 12 in. OC in the field. Lead batten strips required behind vertical joints of lead backed gypsum wallboard and optional at remaining stud locations. Lead batten strips, min 2 in. wide, max 8 ft long with a max thickness of 0.14 in. placed on the face of studs and attached to the stud with construction adhesive and two 1 in. long Type S-12 pan head steel screws, one at the top of the strip and one at the bottom of the strip. Lead discs, nominal 3/8 in. diam by max 0.085 in. thick. Compression fitted or adhered over the screw heads. Lead batten strips and discs to have a purity of 99.9% meeting the Federal specification QQ-L-201f, Grade "C".

**RADIATION PROTECTION PRODUCTS INC** — Type RPP - Lead Lined Drywall

**5. Joint Tape and Compound** — (Not Shown)

#### **Systems A, B, C, E, F, G, H, I**

Joints on outer layers of gypsum boards (Item 4 and 4A) covered with paper tape and joint compound. Paper tape and joint compound may be omitted when gypsum boards are supplied with square edges. Exposed screw heads covered with joint compound.

**6. Batts and Blankets\*** —

8/7/2018

BXUV.U415 - Fire-resistance Ratings - ANSI/UL 263

**Systems A, B, E, F, G, H, I**

(Optional) — Mineral wool or glass fiber batts partially or completely filling stud cavity. Any mineral wool or glass fiber batt mineral bearing the UL Classification Marking as to Fire Resistance.

**System A With Type ULIX Gypsum Boards**

Placed in stud cavities, any min. 3-1/2 in. thick glass fiber insulation bearing the UL Classification Marking as to Surface Burning Characteristics and/or Fire Resistance. See **Batts and Blankets (BKNV or BZJZ) Categories** for names of Classified companies.

**Systems C & D**

Min 3 in. (System C) and min 1-1/2 in. (System D) thick mineral wool batts, friction fitted between the studs and floor and ceiling runners.

**ROCKWOOL** — Type AFB

**THERMAFIBER INC** — Type SAFB, SAFB FF

**7. Cementitious Backer Units\*** — (System D) — Nom 1/2 or 5/8 in. thick panels, square edge, attached to studs over gypsum wallboard with 1-5/8 in. long, Type S-12, corrosion resistant steel screws spaced 8 in. OC and staggered 8 in. from gypsum wall board screws. Joints covered with glass fiber mesh tape. Vertical joints staggered one stud cavity from gypsum wallboard joints. Horizontal joints staggered a min of 12 in. from the gypsum wallboard joints.

**UNITED STATES GYPSUM CO** — Type DCB

**8. Laminating Adhesive\*** — (Optional, Not Shown) — Used to bond outer layer of Cementitious Backer Units (Item 7) to inner layers of Gypsum Board (Item 4) in System D. ANSI A136.1 Type 1 organic adhesive applied with 1/4 in. square notched trowel. See Adhesives (BYWR) in the Fire Resistance Directory or Adhesives (BJLZ) in the Building Materials Directory for names of Classified companies.

**9. Lead Batten Strips** — (Not Shown, For Use With Item 4A) — Lead batten strips, min 1-1/2 in. wide, max 10 ft long with a max thickness of 0.125 in. Strips placed on the interior face of studs and attached from the exterior face of the stud with two 1 in. long Type S-12 pan head steel screws, one at the top of the strip and one at the bottom of the strip. Lead batten strips to have a purity of 99.9% meeting the Federal specification QQ-L-201f, Grade "C". Lead batten strips required behind vertical joints of lead backed gypsum wallboard (Item 4A) and optional at remaining stud locations. Required behind vertical joints.

**9A. Lead Batten Strips** — (Not Shown, for use with Item 4C) — Lead batten strips, 2 in. wide, max 10 ft long with a max thickness of 0.140 in. Strips placed on the face of studs and attached to the stud with two min. 1 in. long min. Type S-8 pan head steel screws, one at the top of the strip and one at the bottom of the strip or with one min. 1 in. long min. Type S-8 pan head steel screw at the top of the strip. Lead batten strips to have a purity of 99.5% meeting the Federal specification QQ-L-201f, Grades "B, C or D". Lead batten strips required behind vertical joints of lead backed gypsum wallboard (Item 6) and optional at remaining stud locations.

**10. Lead Discs or Tabs** — (Not Shown, For Use With Item 4A) — Used in lieu of or in addition to the lead batten strips (Item 9) or optional at other locations - Max 3/4 in. diam by max 0.125 in. thick lead discs compression fitted or adhered over steel screw heads or max 1/2 in. by 1-1/4 in. by max 0.125 in. thick lead tabs placed on gypsum boards (Item 4A) underneath screw locations prior to the installation of the screws. Lead discs or tabs to have a purity of 99.9% meeting the Federal specification QQ-L-201f, Grade "C".

**10A. Lead Discs** — (Not Shown, for use with Item 4C) — Max 5/16 in. diam by max 0.140 in. thick lead discs compression fitted or adhered over steel screw heads. Lead discs to have a purity of 99.5% meeting the Federal Specification QQ-L-201f, Grades "B, C or D".

**11. Lead Batten Strips** — (Not Shown, For Use With Item 4B) — Lead batten strips, 2 in. wide, max 10 ft long with a max thickness of 0.142 in. Strips placed on the face of studs and attached to the stud with two min. 1 in. long min. Type S-8 pan head steel screws, one at the top of the strip and one at the bottom of the strip or with one min. 1 in. long min. Type S-8 pan head steel screw at the top of the strip. Lead batten strips to have a purity of 99.9% meeting the Federal specification QQ-L-201f, Grade "C". Lead batten strips required behind vertical joints of lead backed gypsum wallboard (Item 4B) and optional at remaining stud locations.

**12. Lead Tabs** — (Not Shown, For Use With Item 4B) — 2 in. wide, 5 in. long with a max thickness of 0.142 in. Tabs friction-fit around front face of stud, the stud folded back flange, and the back face of the stud. Tabs required at each location where a screw (that secures the gypsum boards, Item 4B) will penetrate the steel stud. Lead tabs to have a purity of 99.9% meeting the Federal specification QQ-L-201f, Grade "C". Lead tabs may be held in place with standard adhesive tape if necessary.

**\* Indicates such products shall bear the UL or cUL Certification Mark for jurisdictions employing the UL or cUL Certification (such as Canada), respectively.**

Last Updated on 2018-07-12

[Questions?](#)

[Print this page](#)

[Terms of Use](#)

[Page Top](#)

© 2018 UL LLC

<https://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/showpage.html?name=BXUV.U415&cconshorttitle=Fire-resistance+Ratings+-+ANSI/U...> 9/10

8/7/2018

BXUV.U415 - Fire-resistance Ratings - ANSI/UL 263

The appearance of a company's name or product in this database does not in itself assure that products so identified have been manufactured under UL's Follow-Up Service. Only those products bearing the UL Mark should be considered to be Certified and covered under UL's Follow-Up Service. Always look for the Mark on the product.

UL permits the reproduction of the material contained in the Online Certification Directory subject to the following conditions: 1. The Guide Information, Assemblies, Constructions, Designs, Systems, and/or Certifications (files) must be presented in their entirety and in a non-misleading manner, without any manipulation of the data (or drawings). 2. The statement "Reprinted from the Online Certifications Directory with permission from UL" must appear adjacent to the extracted material. In addition, the reprinted material must include a copyright notice in the following format: "© 2018 UL LLC".

**Non-Load Bearing Walls – Factory Mutual Research**

Source	Description	Fire Resistance Rating	Sound Transmission Class
FM Wall 1 USG810519	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 5/8" x 22 ga steel studs spaced at 24" o.c.</li> <li>• 1 layer 5/8" gypsum board on each side</li> </ul>		1 h      40
FM Wall 7 BBN760808	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 5/8" x 22 ga steel studs spaced at 24" o.c.</li> <li>• 2 layers 5/8" gypsum board on each side</li> </ul>		2 h      48

Non-Load Bearing Walls – Underwriters Laboratories Inc.

Source	Description	Fire Resistance Rating	Sound Transmission Class
UL U491  USG910617	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 1/2" x 1 1/4" x 25 MSG steel stud spaced at 24" o.c.</li> <li>3" nominal "Thermafiber" insulation</li> <li>1 layer 3/4" gypsum board on each side</li> </ul>		
		2 h	50
UL U494 	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 1/2" x 1 1/4" x 25 MSG steel stud spaced at 16" or 24" o.c.</li> <li>2 1/2" glass fiber batts</li> <li>1 layer 3/8" gypsum board on each side</li> </ul>		
		1 h	-
UL U495  a) SA860620 b) RAL-TL90-166	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 3/8" x 1 1/4" x 25 MSG steel studs spaced at 24" o.c.</li> <li>optional mineral wool or glass fiber insulation</li> <li>1 hour - 1 layer 3/8" or 3/4" gypsum board on each side</li> <li>2 hour - 2 layers 3/8" gypsum board on each side</li> </ul>		
		1 h	51 <sup>a&amp;b</sup> (G 3/8" RFB 3 1/2")
		2 h	53* (G 3/4" RFB 3 1/2") 58* (RFB 3 1/2")
UL U496 	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 3/8" x 1 1/4" x 25 MSG steel studs spaced at 24" o.c.</li> <li>optional mineral wool batts filling stud cavity</li> <li>3/4" gypsum board on each side</li> </ul>		
		1 h	-
UL V401	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 1/2" x 1 3/8" x 25 ga steel stud spaced at 24" o.c.</li> <li>2" mineral wool insulation with UL Classification Marking</li> <li>1 layer 1/2" gypsum board on each side</li> </ul>		
		1 h	47*

\* Estimated value as per Warnock (2008)

**Apéndice C.** Análisis de precios unitarios de las estructuras de concreto y acero.

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura Tradicional</b>							<b>\$ 2,642.00</b>
<b>CAPITULO:</b>		<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	<b>1.1</b>	<b>LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>					<b>m2</b>
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>		<b>VR. PARCIAL</b>	
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 49.30		\$ 49.30	
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS							\$ 49.30
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>							<b>\$ 49.00</b>
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>		<b>VR. PARCIAL</b>	
5	MATERIALES LOCALIZACION (Puntilla, liston y pita)	glb	0.14	\$ 15,000.00		\$ 2,100.00	
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO							\$ 2,100.00
FACTOR DE DESPERDICIO			0.00%		\$ 0.00		
SUBTOTAL DE MATERIALES							\$ 2,100.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>							<b>\$ 2,100.00</b>
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>		<b>VR. PARCIAL</b>
SUBTOTAL TRANSPORTE							\$ 0.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>							<b>\$ 0.00</b>
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	300.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 308.33
19	AYUDANTE	1.00	DIA	300.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 185.00
SUBTOTAL MANO DE OBRA							\$ 493.33
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>							<b>\$ 493.00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>							<b>\$ 2,642.00</b>

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura Tradicional</b>							<b>\$ 3,256.00</b>
<b>CAPITULO:</b>		<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	<b>1.2</b>	<b>DESCAPOTE</b>					<b>m2</b>
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>		<b>VR. PARCIAL</b>	
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 296.00		\$ 296.00	
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS							\$ 296.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>							<b>\$ 296.00</b>
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>		<b>VR. PARCIAL</b>	
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO							\$ 0.00
FACTOR DE DESPERDICIO			0.00%			\$ 0.00	
SUBTOTAL DE MATERIALES							\$ 0.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>							<b>\$ 0.00</b>
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>		<b>VR. PARCIAL</b>
SUBTOTAL TRANSPORTE							\$ 0.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>							<b>\$ 0.00</b>
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	50.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 1,850.00
19	AYUDANTE	1.00	DIA	50.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 1,110.00
SUBTOTAL MANO DE OBRA							\$ 2,960.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>							<b>\$ 2,960.00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>							<b>\$ 3,256.00</b>

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura Tradicional</b>						<b>\$ 20,350.00</b>	
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>	
<b>ITEM:</b>	<b>2.1</b>	<b>EXCAVACIÓN MANUAL PARA ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN</b>				<b>M3</b>	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 1,850.00	\$ 1,850.00		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 1,850.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 1,850.00</b>		
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 0.00		
FACTOR DE DESPERDICIO			0.00%		\$ 0.00		
SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 0.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 0.00</b>		
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 0.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 0.00</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	8.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 11,562.50
19	AYUDANTE	1.00	DIA	8.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 6,937.50
SUBTOTAL MANO DE OBRA							\$ 18,500.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>							<b>\$ 18,500.00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 20,350.00</b>	

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura Tradicional</b>						<b>\$ 4,247.00</b>	
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>	
<b>ITEM:</b>	<b>2.2</b>	<b>ACERO DE REFUERZO CIMENTACIÓN</b>				<b>kg</b>	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 59.20	\$ 59.20		
	SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 59.20	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 59.00</b>	
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	ACERO DE REFUERZO	KG	1	\$ 3,200.00	\$ 3,200.00		
2	ALAMBRE RECOCIDO	KG	0.05	\$ 4,500.00	\$ 225.00		
	SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 3,425.00	
	FACTOR DE DESPERDICIO		5.00%		\$ 171.25		
	SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 3,596.25	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 3,596.00</b>	
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
	SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 0.00	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 0.00</b>	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	250.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 370.00
19	AYUDANTE	1.00	DIA	250.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 222.00
	SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 592.00	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 592.00</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 4,247.00</b>	

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura Tradicional</b>							<b>\$ 579,785.00</b>
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>						<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	<b>2.3</b>	<b>CONCRETO PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN</b>					<b>m3</b>
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 10,571.40	\$ 10,571.40		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 10,571.40		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 10,571.00</b>		
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
3	CONCRETO 3000 PSI BOMBEADO	M3	1	\$ 450,000.00	\$ 450,000.00		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 450,000.00		
FACTOR DE DESPERDICIO			3.00%		\$ 13,500.00		
SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 463,500.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 463,500.00</b>		
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 0.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 0.00</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	1.40	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 66,071.43
19	AYUDANTE	1.00	DIA	1.40	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 39,642.86
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 105,714.29		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 105,714.00</b>		
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 579,785.00</b>		

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura Tradicional</b>						<b>\$ 391,433.00</b>	
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>	
<b>ITEM:</b>	<b>2.4</b>	<b>CONCRETO CICLÓPEO</b>				<b>M3</b>	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 8,659.60	\$ 8,659.60		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 8,659.60		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 8,660.00</b>		
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
3	CONCRETO 3000 PSI BOMBEADO	M3	0.6	\$ 450,000.00	\$ 270,000.00		
8	PIEDRA RAJÓN	M3	0.6	\$ 29,251.00	\$ 17,550.60		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 287,550.60		
FACTOR DE DESPERDICIO			3.00%	\$ 8,626.52			
SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 296,177.12		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 296,177.00</b>		
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 0.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 0.00</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	2.35	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 39,361.70
19	AYUDANTE	2.00	DIA	2.35	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 47,234.04
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 86,595.74		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 86,596.00</b>		
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 391,433.00</b>		

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>									
<b>Estructura Tradicional</b>							<b>\$ 579,785.00</b>		
<b>CAPITULO:</b>		<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>		
<b>ITEM:</b>	<b>2.5</b>	<b>CONCRETO PARA ZAPATAS</b>					<b>m3</b>		
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>									
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>			<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO			DIA	1.00	\$ 10,571.40	\$ 10,571.40		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS							\$ 10,571.40		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>							<b>\$ 10,571.00</b>		
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>									
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>			<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
3	CONCRETO 3000 PSI BOMBEADO			M3	1	\$ 450,000.00	\$ 450,000.00		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO							\$ 450,000.00		
FACTOR DE DESPERDICIO					3.00%		\$ 13,500.00		
SUBTOTAL DE MATERIALES							\$ 463,500.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>							<b>\$ 463,500.00</b>		
<b>III. TRANSPORTE</b>									
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>			<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
SUBTOTAL TRANSPORTE							\$ 0.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>							<b>\$ 0.00</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>									
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>			<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL			1.00	DIA	1.40	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 66,071.43
19	AYUDANTE			1.00	DIA	1.40	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 39,642.86
SUBTOTAL MANO DE OBRA									\$ 105,714.29
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>									<b>\$ 105,714.00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>									<b>\$ 579,785.00</b>

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura Tradicional</b>						<b>\$ 4,457.00</b>	
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>	
<b>ITEM:</b>	<b>2.6</b>	<b>MALLA ELECTROSOLDADA M-388 PARA LOSA DE CIMENTACIÓN</b>				<b>kg</b>	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 59.20	\$ 59.20		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS						\$ 59.20	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>						<b>\$ 59.00</b>	
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
4	MALLA ELECTROSOLDADA	KG	1	\$ 3,400.00	\$ 3,400.00		
2	ALAMBRE RECOCIDO	KG	0.05	\$ 4,500.00	\$ 225.00		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO						\$ 3,625.00	
FACTOR DE DESPERDICIO			5.00%		\$ 181.25		
SUBTOTAL DE MATERIALES						\$ 3,806.25	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>						<b>\$ 3,806.00</b>	
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
SUBTOTAL TRANSPORTE						\$ 0.00	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						<b>\$ 0.00</b>	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	250.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 370.00
19	AYUDANTE	1.00	DIA	250.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 222.00
SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 592.00	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>						<b>\$ 592.00</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 4,457.00</b>	

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura Tradicional</b>							<b>\$ 54,490.00</b>
<b>CAPITULO:</b>		<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	<b>2.7</b>	<b>PLACA DE ANTEPISO</b>					<b>m2</b>
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 740.00	\$ 740.00		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 740.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 740.00</b>		
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
3	CONCRETO 3000 PSI BOMBEADO	M3	0.1	\$ 450,000.00	\$ 45,000.00		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 45,000.00		
FACTOR DE DESPERDICIO			3.00%		\$ 1,350.00		
SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 46,350.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 46,350.00</b>		
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 0.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 0.00</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	20.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 4,625.00
19	AYUDANTE	1.00	DIA	20.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 2,775.00
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 7,400.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 7,400.00</b>		
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 54,490.00</b>		

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura Tradicional</b>							<b>\$ 4,110.00</b>
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>						<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	<b>3.1</b>	<b>ACERO DE REFUERZO ESTRUCTURA</b>					<b>kg</b>
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 74.00	\$ 74.00		
	SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS						\$ 74.00
	<b>VALOR REDONDEA DO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>						<b>\$ 74.00</b>
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
6	PERFIL DE ACERO	KG	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00		
7	TORNILLERÍA	GLB	1	\$ 200.00	\$ 200.00		
	SUBTOTAL SIN DESPERDICIO						\$ 3,200.00
	FACTOR DE DESPERDICIO			3.00%		\$ 96.00	
	SUBTOTAL DE MATERIALES						\$ 3,296.00
	<b>VALOR REDONDEA DO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>						<b>\$ 3,296.00</b>
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
	SUBTOTAL TRANSPORTE						\$ 0.00
	<b>VALOR REDONDEA DO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						<b>\$ 0.00</b>
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	200.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 462.50
19	AYUDANTE	1.00	DIA	200.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 277.50
	SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 740.00
	<b>VALOR REDONDEA DO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>						<b>\$ 740.00</b>
	<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 4,110.00</b>

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura Tradicional</b>							<b>\$ 1,135,000.00</b>
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>						<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	<b>3.2</b>	<b>CONCRETO PARA COLUMNAS</b>					<b>m3</b>
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 55,500.00	\$ 55,500.00		
E1	VIBRADOR DE CONCRETO	DÍA	2.00	\$ 59,500.0	\$ 29,750.0		
E2	FORMALETA	UNIDAD	0.02	\$ 445.0	\$ 22,250.0		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS						\$ 107,500.00	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>						<b>\$ 107,500.00</b>	
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
3	CONCRETO 3000 PSI BOMBEADO	M3	1	\$ 450,000.00	\$ 450,000.00		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO						\$ 450,000.00	
FACTOR DE DESPERDICIO			5.00%		\$ 22,500.00		
SUBTOTAL DE MATERIALES						\$ 472,500.00	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>						<b>\$ 472,500.00</b>	
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
SUBTOTAL TRANSPORTE						\$ 0.00	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						<b>\$ 0.00</b>	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	3.00	DIA	1.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 277,500.00
19	AYUDANTE	5.00	DIA	1.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 277,500.00
SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 555,000.00	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>						<b>\$ 555,000.00</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 1,135,000.00</b>	

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura Tradicional</b>						<b>\$ 225,000.00</b>	
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>	
<b>ITEM:</b>	<b>3.3</b>	<b>PLACA DE ENTREPISO ALIGERADA e=40 cm (incluye malla electr.)</b>				<b>m2</b>	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 8,879.00	\$ 8,879.00		
E1	VIBRADOR DE CONCRETO	DÍA	5.00	\$ 59,500.0	\$ 11,900.0		
E3	TABLEROS	UNIDAD	0.02	\$ 180.0	\$ 9,000.0		
E4	CERCHAS Y PARALES	DÍA	0.06	\$ 335.0	\$ 5,583.3		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 35,362.33		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 35,362.00</b>		
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
3	CONCRETO 3000 PSI BOMBEADO	M3	0.1	\$ 450,000.00	\$ 45,000.00		
9	BLOQUE ALIGERAMIENTO	UND	6	\$ 8,506.00	\$ 51,036.00		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 96,036.00		
FACTOR DE DESPERDICIO			5.00%		\$ 4,801.80		
SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 100,837.80		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 100,838.00</b>		
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 0.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 0.00</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	3.00	DIA	5.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 55,500.00
19	AYUDANTE	3.00	DIA	5.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 33,300.00
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 88,800.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 88,800.00</b>		
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 225,000.00</b>		

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura Tradicional</b>							<b>\$ 253,000.00</b>
<b>CAPITULO:</b>		<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	<b>3.4</b>	<b>VIGA-CANAL EN CONCRETO</b>					<b>ML</b>
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>		<b>VR. PARCIAL</b>	
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 8,306.10		\$ 8,306.10	
E1	VIBRADOR DE CONCRETO	DÍA	4.00	\$ 59,500.0		\$ 14,875.0	
E2	FORMALETA	UNIDAD	0.10	\$ 445.0		\$ 4,450.0	
E5	ANDAMIO	DÍA	4.00	\$ 2,230.0		\$ 557.5	
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS						\$ 28,188.60	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>						<b>\$ 28,189.00</b>	
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>		<b>VR. PARCIAL</b>	
3	CONCRETO 3000 PSI BOMBEADO	M3	0.3	\$ 450,000.00		\$ 135,000.00	
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO						\$ 135,000.00	
FACTOR DE DESPERDICIO			5.00%		\$ 6,750.00		
SUBTOTAL DE MATERIALES						\$ 141,750.00	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>						<b>\$ 141,750.00</b>	
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
SUBTOTAL TRANSPORTE						\$ 0.00	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						<b>\$ 0.00</b>	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	2.45	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 37,755.10
19	AYUDANTE	2.00	DIA	2.45	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 45,306.12
SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 83,061.22	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>						<b>\$ 83,061.00</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 253,000.00</b>	

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura Tradicional</b>							<b>\$ 1,135,000.00</b>
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>						<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	<b>3.5</b>	<b>VIGAS CUBIERTA</b>					<b>ML</b>
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 55,500.00	\$ 55,500.00		
E1	VIBRADOR DE CONCRETO	DÍA	2.00	\$ 59,500.0	\$ 29,750.0		
E2	FORMALETA	UNIDAD	0.02	\$ 445.0	\$ 22,250.0		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 107,500.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 107,500.00</b>		
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
3	CONCRETO 3000 PSI BOMBEADO	M3	1	\$ 450,000.00	\$ 450,000.00		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 450,000.00		
FACTOR DE DESPERDICIO			5.00%		\$ 22,500.00		
SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 472,500.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 472,500.00</b>		
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 0.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 0.00</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	3.00	DIA	1.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 277,500.00
19	AYUDANTE	5.00	DIA	1.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 277,500.00
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 555,000.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 555,000.00</b>		
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 1,135,000.00</b>		

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura Tradicional</b>						<b>\$ 85,800.00</b>	
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>	
<b>ITEM:</b>	<b>4.1</b>	<b>MAMPOSTERIA FACHADA</b>				<b>M2</b>	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 2,960.00	\$ 2,960.00		
	SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 2,960.00	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 2,960.00</b>	
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
14	LADRILLO COLONIAL	UND	57	\$ 789.50	\$ 45,001.50		
11	MORTERO 1:4	M3	0.015	\$ 446,000.00	\$ 6,688.00		
	SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 51,689.50	
	FACTOR DE DESPERDICIO		3.00%		\$ 1,550.69		
	SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 53,240.19	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 53,240.00</b>	
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
	SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 0.00	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 0.00</b>	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	5.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 18,500.00
19	AYUDANTE	1.00	DIA	5.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 11,100.00
	SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 29,600.00
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>						<b>\$ 29,600.00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 85,800.00</b>	

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura Tradicional</b>							<b>\$ 41,395.00</b>
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>						<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	<b>4.2</b>	<b>MAMPOSTERÍA MUROS INTERNOS</b>					<b>M2</b>
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 740.00	\$ 740.00		
	SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS						\$ 740.00
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>						<b>\$ 740.00</b>
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
15	LADRILLO	UND	51	\$ 502.00	\$ 25,602.00		
11	MORTERO 1:4	M3	0.015	\$ 446,000.00	\$ 6,684.00		
	SUBTOTAL SIN DESPERDICIO						\$ 32,286.00
	FACTOR DE DESPERDICIO		3.00%		\$ 968.58		
	SUBTOTAL DE MATERIALES						\$ 33,254.58
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>						<b>\$ 33,255.00</b>
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
	SUBTOTAL TRANSPORTE						\$ 0.00
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						<b>\$ 0.00</b>
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	20.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 4,625.00
19	AYUDANTE	1.00	DIA	20.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 2,775.00
	SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 7,400.00
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>						<b>\$ 7,400.00</b>
	<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 41,395.00</b>

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura Tradicional</b>						<b>\$ 22,049.00</b>	
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>	
<b>ITEM:</b>	<b>5.1</b>	<b>PAÑETE 1:4 MUROS INTERNOS</b>				<b>M2</b>	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 1,129.60	\$ 1,129.60		
E5	ANDAMIO	DÍA	9.00	\$ 2,230.0	\$ 247.8		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 1,377.38		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 1,377.00</b>		
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
11	MORTERO 1:4	M3	0.02	\$ 446,000.00	\$ 8,920.00		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 8,920.00		
FACTOR DE DESPERDICIO			5.00%	\$ 446.00			
SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 9,366.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 9,366.00</b>		
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 0.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 0.00</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	18.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 5,138.89
19	AYUDANTE	2.00	DIA	18.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 6,166.67
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 11,305.56		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 11,306.00</b>		
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 22,049.00</b>		

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura Tradicional</b>						<b>\$ 65,880.00</b>	
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>	
<b>ITEM:</b>	<b>6.1</b>	<b>ESTRUCTURA EN MADERA Y MACHIMBRE PARA TEJA DE BARRO</b>				<b>M2</b>	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 2,960.00	\$ 2,960.00		
			0.00				
	SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 2,960.00	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 2,960.00</b>	
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
12	LISTÓN	UND	1	\$ 19,333.00	\$ 19,333.00		
13	MACHIMBRE	M2	1	\$ 12,400.00	\$ 12,400.00		
	SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 31,733.00	
	FACTOR DE DESPERDICIO		5.00%		\$ 1,586.65		
	SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 33,319.65	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 33,320.00</b>	
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
	SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 0.00	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 0.00</b>	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	5.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 18,500.00
19	AYUDANTE	1.00	DIA	5.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 11,100.00
	SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 29,600.00
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>						<b>\$ 29,600.00</b>
	<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 65,880.00</b>

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura Tradicional</b>							<b>\$ 52,769.00</b>
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>						<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	<b>6.2</b>	<b>CUBIERTA EN TEJA DE BARRO</b>					<b>M2</b>
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 2,035.00	\$ 2,035.00		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS							\$ 2,035.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>							<b>\$ 2,035.00</b>
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
10	TEJA DE BARRO	UND	11	\$ 1,871.00	\$ 20,581.00		
11	MORTERO 1:4	M3	0.02	\$ 446,000.00	\$ 8,918.00		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO							\$ 29,499.00
FACTOR DE DESPERDICIO			3.00%		\$ 884.97		
SUBTOTAL DE MATERIALES							\$ 30,383.97
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>							<b>\$ 30,384.00</b>
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
SUBTOTAL TRANSPORTE							\$ 0.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>							<b>\$ 0.00</b>
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	10.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 9,250.00
19	AYUDANTE	2.00	DIA	10.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 11,100.00
SUBTOTAL MANO DE OBRA							\$ 20,350.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>							<b>\$ 20,350.00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>							<b>\$ 52,769.00</b>

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura alterna en acero conformado en frio</b>							<b>\$ 2,869.00</b>
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>						<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	<b>1.10</b>	<b>LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>					<b>m2</b>
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 69.90	\$ 69.90		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS						\$ 69.90	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>						<b>\$ 70.00</b>	
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
92	MATERIALES LOCALIZACION (Puntilla, liston y pita)	glb	0.14	\$ 15,000.00	\$ 2,100.00		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO						\$ 2,100.00	
FACTOR DE DESPERDICIO			0.00%		\$ 0.00		
SUBTOTAL DE MATERIALES						\$ 2,100.00	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>						<b>\$ 2,100.00</b>	
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
SUBTOTAL TRANSPORTE						\$ 0.00	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						<b>\$ 0.00</b>	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	180.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 513.89
19	AYUDANTE	1.00	DIA	300.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 185.00
SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 698.89	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>						<b>\$ 699.00</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 2,869.00</b>	

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura alterna en acero conformado en frio</b>							<b>\$ 3,256.00</b>
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>						<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	<b>1.20</b>	<b>DESCAPOTE</b>					<b>m2</b>
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 296.00	\$ 296.00		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS						\$ 296.00	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>						<b>\$ 296.00</b>	
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO						\$ 0.00	
FACTOR DE DESPERDICIO			0.00%		\$ 0.00		
SUBTOTAL DE MATERIALES						\$ 0.00	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>						<b>\$ 0.00</b>	
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
SUBTOTAL TRANSPORTE						\$ 0.00	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						<b>\$ 0.00</b>	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	50.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 1,850.00
19	AYUDANTE	1.00	DIA	50.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 1,110.00
SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 2,960.00	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>						<b>\$ 2,960.00</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 3,256.00</b>	

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura alterna en acero conformado en frio</b>							<b>\$ 20,350.00</b>
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>						<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	<b>2.10</b>	<b>EXCAVACIÓN MANUAL PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN</b>					<b>m<sup>3</sup></b>
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 1,850.00	\$ 1,850.00		
	SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS						\$ 1,850.00
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>						<b>\$ 1,850.00</b>
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
	SUBTOTAL SIN DESPERDICIO						\$ 0.00
	FACTOR DE DESPERDICIO			0.00%		\$ 0.00	
	SUBTOTAL DE MATERIALES						\$ 0.00
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>						<b>\$ 0.00</b>
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
	SUBTOTAL TRANSPORTE						\$ 0.00
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						<b>\$ 0.00</b>
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	8.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 11,562.50
19	AYUDANTE	1.00	DIA	8.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 6,937.50
	SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 18,500.00
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>						<b>\$ 18,500.00</b>
	<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 20,350.00</b>

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura alterna en acero conformado en frio</b>						<b>\$ 4,457.00</b>	
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>	
<b>ITEM:</b>	<b>2.20</b>	<b>MALLA ELECTROSOLDADA M-388 PARA LOSA DE CIMENTACIÓN</b>				<b>kg</b>	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 59.20	\$ 59.20		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 59.20		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 59.00</b>		
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
6	MALLA ELECTROSOLDADA	KG	1	\$ 3,400.00	\$ 3,400.00		
8	ALAMBRE RECOCIDO	KG	0.05	\$ 4,500.00	\$ 225.00		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 3,625.00		
FACTOR DE DESPERDICIO			5.00%		\$ 181.25		
SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 3,806.25		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 3,806.00</b>		
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 0.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 0.00</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	250.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 370.00
19	AYUDANTE	1.00	DIA	250.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 222.00
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 592.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 592.00</b>		
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 4,457.00</b>		

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura alterna en acero conformado en frio</b>							<b>\$ 77,665.00</b>
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>						<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	<b>2.30</b>	<b>LOSA DE CIMENTACIÓN ESPESOR 15 cm</b>					<b>m2</b>
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 740.00	\$ 740.00		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS						\$ 740.00	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>						<b>\$ 740.00</b>	
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
5	CONCRETO 3000 PSI BOMBEADO	M3	0.15	\$ 450,000.00	\$ 67,500.00		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO						\$ 67,500.00	
FACTOR DE DESPERDICIO			3.00%		\$ 2,025.00		
SUBTOTAL DE MATERIALES						\$ 69,525.00	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>						<b>\$ 69,525.00</b>	
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
SUBTOTAL TRANSPORTE						\$ 0.00	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						<b>\$ 0.00</b>	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	20.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 4,625.00
19	AYUDANTE	1.00	DIA	20.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 2,775.00
SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 7,400.00	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>						<b>\$ 7,400.00</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 77,665.00</b>	

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura Alterna en acero conformado en frio</b>							<b>\$ 579,785.00</b>
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>						<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	<b>2.4</b>	<b>CONCRETO PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN</b>					<b>m3</b>
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 10,571.40	\$ 10,571.40		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 10,571.40		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 10,571.00</b>		
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
3	CONCRETO 3000 PSI BOMBEADO	M3	1	\$ 450,000.00	\$ 450,000.00		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 450,000.00		
FACTOR DE DESPERDICIO			3.00%		\$ 13,500.00		
SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 463,500.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 463,500.00</b>		
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 0.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 0.00</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	1.40	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 66,071.43
19	AYUDANTE	1.00	DIA	1.40	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 39,642.86
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 105,714.29		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 105,714.00</b>		
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 579,785.00</b>		

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura Alternativa en acero conformado en frio</b>						<b>\$ 4,247.00</b>	
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>	
<b>ITEM:</b>	<b>2.5</b>	<b>ACERO DE REFUERZO CIMENTACIÓN</b>				<b>kg</b>	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 59.20	\$ 59.20		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS						\$ 59.20	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>						<b>\$ 59.00</b>	
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	ACERO DE REFUERZO	KG	1	\$ 3,200.00	\$ 3,200.00		
2	ALAMBRE RECOCIDO	KG	0.05	\$ 4,500.00	\$ 225.00		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO						\$ 3,425.00	
FACTOR DE DESPERDICIO			5.00%		\$ 171.25		
SUBTOTAL DE MATERIALES						\$ 3,596.25	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>						<b>\$ 3,596.00</b>	
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
SUBTOTAL TRANSPORTE						\$ 0.00	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						<b>\$ 0.00</b>	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
18	OFICIAL	1.00	DIA	250.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 370.00
19	AYUDANTE	1.00	DIA	250.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 222.00
SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 592.00	
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>						<b>\$ 592.00</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 4,247.00</b>	

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura alterna en acero conformado en frio</b>						<b>\$ 4,557.00</b>	
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>	
<b>ITEM:</b>	<b>3.10</b>	<b>ESTRUCTURA DE ACERO LIVIANO PARA MUROS PISO 1</b>				<b>kg</b>	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 84.30	\$ 84.30		
	SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 84.30	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 84.00</b>	
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	PERFIL DE ACERO	KG	1	\$ 3,120.00	\$ 3,120.00		
113	TORNILLO 6 X1 1/4 SEMCO	und	3	\$ 68.00	\$ 204.00		
2	ACCESORIOS Y HERRAJES	GLB	1	\$ 200.00	\$ 200.00		
	SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 3,524.00	
	FACTOR DE DESPERDICIO			3.00%	\$ 105.72		
	SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 3,629.72	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 3,630.00</b>	
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
	SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 0.00	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 0.00</b>	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
<b>ENSAMBLAJE</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	280.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 330.36
19	AYUDANTE	1.00	DIA	280.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 198.21
<b>MONTAJE</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	1000.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 92.50
19	AYUDANTE	4.00	DIA	1000.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 222.00
	SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 843.07	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 843.00</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 4,557.00</b>	

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura alterna en acero conformado en frio</b>						<b>\$ 4,487.00</b>	
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>	
<b>ITEM:</b>	<b>3.20</b>	<b>ESTRUCTURA DE ACERO LIVIANO PARA MUROS PISO 2</b>				<b>kg</b>	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 84.30	\$ 84.30		
	SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 84.30	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 84.00</b>	
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	PERFIL DE ACERO	KG	1	\$ 3,120.00	\$ 3,120.00		
2	ACCESORIOS Y HERRAJES	GLB	1	\$ 200.00	\$ 200.00		
113	TORNILLO 6 X1 1/4 SEMCO	und	2	\$ 68.00	\$ 136.00		
	SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 3,456.00	
	FACTOR DE DESPERDICIO			3.00%	\$ 103.68		
	SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 3,559.68	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 3,560.00</b>	
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
	SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 0.00	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 0.00</b>	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
<b>ENSAMBLAJE</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	280.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 330.36
19	AYUDANTE	1.00	DIA	280.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 198.21
<b>MONTAJE</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	1000.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 92.50
19	AYUDANTE	4.00	DIA	1000.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 222.00
	SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 843.07	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 843.00</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 4,487.00</b>	

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura alterna en acero conformado en frio</b>						<b>\$ 4,767.00</b>	
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>	
<b>ITEM:</b>	<b>3.30</b>	<b>ESTRUCTURA DE ACERO LIVIANO PARA PLACA DE ENTREPISO</b>				<b>kg</b>	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 84.30	\$ 84.30		
	SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 84.30	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 84.00</b>	
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	PERFIL DE ACERO	KG	1	\$ 3,120.00	\$ 3,120.00		
2	ACCESORIOS Y HERRAJES	GLB	1	\$ 200.00	\$ 200.00		
113	TORNILLO 6 X1 1/4 SEMCO	und	6	\$ 68.00	\$ 408.00		
	SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 3,728.00	
	FACTOR DE DESPERDICIO			3.00%	\$ 111.84		
	SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 3,839.84	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 3,840.00</b>	
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
	SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 0.00	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 0.00</b>	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
<b>ENSAMBLAJE</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	280.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 330.36
19	AYUDANTE	1.00	DIA	280.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 198.21
<b>MONTAJE</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	1000.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 92.50
19	AYUDANTE	4.00	DIA	1000.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 222.00
	SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 843.07	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 843.00</b>	
	<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 4,767.00</b>	

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura alterna en acero conformado en frio</b>						<b>\$ 4,557.00</b>	
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>	
<b>ITEM:</b>	<b>3.40</b>	<b>ESTRUCTURA DE ACERO LIVIANO PARA CUBIERTA</b>				<b>kg</b>	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 84.30	\$ 84.30		
	SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 84.30	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 84.00</b>	
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	PERFIL DE ACERO	KG	1	\$ 3,120.00	\$ 3,120.00		
2	ACCESORIOS Y HERRAJES	GLB	1	\$ 200.00	\$ 200.00		
113	TORNILLO 6 X1 1/4 SEMCO	und	3	\$ 68.00	\$ 204.00		
	SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 3,524.00	
	FACTOR DE DESPERDICIO			3.00%	\$ 105.72		
	SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 3,629.72	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 3,630.00</b>	
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
	SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 0.00	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 0.00</b>	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
<b>ENSAMBLAJE</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	280.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 330.36
19	AYUDANTE	1.00	DIA	280.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 198.21
<b>MONTAJE</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	1000.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 92.50
19	AYUDANTE	4.00	DIA	1000.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 222.00
	SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 843.07	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 843.00</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 4,557.00</b>	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
<b>Estructura alterna en acero conformado en frio</b>						<b>\$ 180,650.00</b>	
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>	
<b>ITEM:</b>	<b>3.50</b>	<b>MURO EN LÁMINA DE FACHADA (INCLUYE CARAS EXTERNA E INTERNA DOBLE LÁMINA YESO-CARTON Y AISLAMIENTOS TÉRMICO Y ACÚSTICO)</b>				<b>M2</b>	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 1,455.00	\$ 1,455.00		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 1,455.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 1,455.00</b>		
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
113	TORNILLO 6 X1 1/4 SEMCO	und	15	\$ 68.00	\$ 1,020.00		
117	LAMINA OSB 1.22*2.44 DE 15 mm	m2	1.1	\$ 24,825.00	\$ 27,307.50		
104	CINTA PAPEL ROLLO	m	1.25	\$ 194.00	\$ 242.50		
106	TORNILLO 7 x 7/16	und	10	\$ 32.00	\$ 320.00		
107	LIJA ABRACOL N. 150	pliego	0.04	\$ 1,600.00	\$ 64.00		
108	MASILLA SECADO RAPIDO 60 MIN	KG	1	\$ 3,017.00	\$ 3,017.00		
109	ANGULO 2 x 2 CAL 25 ( 3/8"x 3/8")	m	0.33	\$ 1,109.00	\$ 365.97		
110	PLACA KNAUF 1/2" REGULAR	m2	2.1	\$ 10,516.00	\$ 22,083.60		
118	LAMINA DE ICOPOR 1.22x0.61 1" D/16	m2	1	\$ 17,618.00	\$ 17,618.00		
119	STO MESH 38" 1RL	m	1.1	\$ 9,719.00	\$ 10,690.90		
120	STO GOLD COAT 55 LB 5 GP	Galon	1	\$ 13,480.00	\$ 13,480.00		
121	DETAIL MESH 9.5" 1 ROLLO	Rollo	1	\$ 2,809.00	\$ 2,809.00		
122	STO GUARD FABRIC 4" wide	m	1	\$ 3,140.00	\$ 3,140.00		
123	STO PRIMER / ADHESIVE - B-50B	und	2	\$ 10,743.00	\$ 21,486.00		
124	STOLIT 1.0 TSW 60lb 5 GP TSW	Galon	0.08	\$ 16,600.00	\$ 1,328.00		
125	FRESCASA 2.5"	m2	1	\$ 8,287.00	\$ 8,287.00		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 133,259.47		
FACTOR DE DESPERDICIO			0.00%		\$ 0.00		
SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 133,259.47		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 133,259.00</b>		
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
	TRANSPORTE DE INSUMOS	1.00	GL			\$ 6,000.00	
SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 6,000.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 6,000.00</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
<b>PANELES</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	17.54	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 5,272.50
19	AYUDANTE	1.00	DIA	17.54	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 3,163.50
<b>AISLAMIENTO</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	4.70	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 19,687.50
19	AYUDANTE	1.00	DIA	4.70	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 11,812.50
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 39,936.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 39,936.00</b>		
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 180,650.00</b>		

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura alterna en acero conformado en frio</b>						<b>\$ 36,491.00</b>	
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>	
<b>ITEM:</b>	<b>3.60</b>	<b>MURO EN LÁMINA DE YESO-CARTÓN PARA MUROS INTERNOS (1 CARA)</b>				<b>M2</b>	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 148.00	\$ 148.00		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 148.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 148.00</b>		
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
113	TORNILLO 6 X1 1/4 SEMCO	und	15	\$ 68.00	\$ 1,020.00		
104	CINTA PAPEL ROLLO	m	1.25	\$ 194.00	\$ 242.50		
107	LDA ABRACOL N. 150	pliego	0.04	\$ 1,600.00	\$ 64.00		
108	MASILLA SECADO RAPIDO 60 MIN	KG	1	\$ 3,017.00	\$ 3,017.00		
110	PLACA KNAUF 1/2" REGULAR	m2	2.1	\$ 10,516.00	\$ 22,083.60		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 26,427.10		
FACTOR DE DESPERDICIO			0.00%		\$ 0.00		
SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 26,427.10		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 26,427.00</b>		
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
	TRANSPORTE DE INSUMOS	1.00	GL			\$ 1,480.00	
SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 1,480.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 1,480.00</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
<b>PANELES</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	17.54	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 5,272.50
19	AYUDANTE	1.00	DIA	17.54	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 3,163.50
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 8,436.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 8,436.00</b>		
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 36,491.00</b>		

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura alterna en acero conformado en frio</b>							<b>\$ 114,153.00</b>
<b>CAPITULO:</b>		<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	<b>3.70</b>	<b>ENTREPISO INCLUYE LÁMINA OSB Y PLYWOOD (INCLUYE AISLAMIENTO)</b>					<b>M2</b>
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 450.00	\$ 450.00		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 450.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 450.00</b>		
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
113	TORNILLO 6 X1 1/4 SEMCO	und	15	\$ 68.00	\$ 1,020.00		
115	LAMINA OSB 1.22*2.44 DE 18.3 mm	m2	1	\$ 29,191.00	\$ 29,191.00		
126	PLASTICO NEGRO CALIBRE 3.5	m2	1	\$ 1,156.00	\$ 1,156.00		
127	PLYWOOD 18 mm	m2	1	\$ 38,632.00	\$ 38,632.00		
125	FRESCASA 2.5"	m2	1	\$ 8,287.00	\$ 8,287.00		
7	MORTERO 1:3	M3	0.025	\$ 250,000.00	\$ 6,250.00		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 84,536.00		
FACTOR DE DESPERDICIO			0.00%		\$ 0.00		
SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 84,536.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 84,536.00</b>		
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
	TRANSPORTE DE INSUMOS	1.00	GL			\$ 4,500.00	
SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 4,500.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 4,500.00</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
<b>PANELES</b>							
<b>INSTALACIÓN DE PISO</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	6.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 15,416.67
19	AYUDANTE	1.00	DIA	6.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 9,250.00
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 24,666.67		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 24,667.00</b>		
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>							<b>\$ 114,153.00</b>

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura alterna en acero conformado en frio</b>						<b>\$ 36,968.00</b>	
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>	
<b>ITEM:</b>	<b>3.80</b>	<b>MURO PLACA VERDE (BAÑOS)</b>				<b>M2</b>	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 148.00	\$ 212.00		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 212.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 212.00</b>		
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
113	TORNILLO 6 X1 1/4 SEMCO	und	12	\$ 68.00	\$ 816.00		
104	CINTA PAPEL ROLLO	m	1.25	\$ 194.00	\$ 242.50		
107	LDA ABRACOL N. 150	pliego	0.05	\$ 1,600.00	\$ 80.00		
108	MASILLA SECADO RAPIDO 60 MIN	KG	0.5	\$ 3,017.00	\$ 1,508.50		
132	PLACA VERDE RH 1.22 X 2.44	m2	1.07	\$ 17,227.00	\$ 18,432.89		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 21,079.89		
FACTOR DE DESPERDICIO			0.00%		\$ 0.00		
SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 21,079.89		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 21,080.00</b>		
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
	TRANSPORTE DE INSUMOS	1.00	GL			\$ 3,176.00	
SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 3,176.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 3,176.00</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
<b>PANELES</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	11.84	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 7,812.50
19	AYUDANTE	1.00	DIA	11.84	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 4,687.50
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 12,500.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 12,500.00</b>		
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 36,968.00</b>		

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura alterna en acero conformado en frio</b>						<b>\$ 127,655.00</b>	
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>	
<b>ITEM:</b>	<b>4.10</b>	<b>CUBIERTA EN TEJA DE MANTO ASFÁLTICO SOBRE OSB (INCLUYE AISLAMIENTO)</b>				<b>M2</b>	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>Nb. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 2,333.00	\$ 2,333.00		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 2,333.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 2,333.00</b>		
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>Nb. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
111	MANTO ASFALTICO FIBERGLASS DURAAFELT 2 mm	m2	1.1	\$ 8,904.00	\$ 9,794.40		
115	LAMINA OSB 1.22*2.44 DE 18.3 mm	m2	1.05	\$ 29,191.00	\$ 30,650.55		
113	TORNILLO 6 X1 1/4 SEMCO	und	12	\$ 68.00	\$ 816.00		
114	TEJA SHINGLE ASFALTO	m2	1	\$ 33,334.00	\$ 33,334.00		
128	SONOWALL DE 0.41 *1.22 DE 4" D 32	m2	1	\$ 28,511.00	\$ 28,511.00		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 103,105.95		
FACTOR DE DESPERDICIO			0.00%		\$ 0.00		
SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 103,105.95		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 103,106.00</b>		
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>Nb. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
	TRANSPORTE DE INSUMOS	1.00	GL			\$ 3,733.00	
SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 3,733.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 3,733.00</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>Nb. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
<b>CUBIERTA SIN ESTRUCTURA</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	10.28	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 9,001.88
19	AYUDANTE	1.00	DIA	10.28	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 5,401.13
<b>INSTALACION DE MANTO</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	91.75	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 1,008.13
19	AYUDANTE	1.00	DIA	91.75	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 604.88
<b>INSTALACION DE TEJA SHINGLE</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	60.00	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 1,541.67
19	AYUDANTE	1.00	DIA	60.00	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 925.00
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 18,482.67		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 18,483.00</b>		
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 127,655.00</b>	

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura alterna en acero conformado en frio</b>						<b>\$ 40,959.00</b>	
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>	
<b>ITEM:</b>	<b>4.20</b>	<b>CIELO RASO EN LÁMINA DE YESO-CARTÓN</b>				<b>M2</b>	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 258.00	\$ 258.00		
	SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 258.00	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 258.00</b>	
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
101	ANGULO 2 x 3 1 1/4" x 3/4" C-25 X 2.44m	m	1.4	\$ 1,396.00	\$ 1,954.40		
102	VIGUETA 1 1/2" X 3/4" C-25	m	1.25	\$ 2,630.00	\$ 3,287.50		
103	OMEGA 2 1/2" x 7/8" C-25	m	1.81	\$ 2,860.00	\$ 5,176.60		
104	CINTA PAPEL ROLLO	m	1.25	\$ 194.00	\$ 242.50		
105	TORNILLO 6 x 1	und	18	\$ 18.00	\$ 324.00		
106	TORNILLO 7 x 7/16	und	10	\$ 32.00	\$ 320.00		
107	LIDA ABRACOL N. 150	pliego	0.04	\$ 1,600.00	\$ 64.00		
108	MASILLA SECADO RAPIDO 60 MIN	KG	1	\$ 3,017.00	\$ 3,017.00		
109	ANGULO 2 x 2 CAL 25 ( 3/8"x 3/8")	m	0.33	\$ 1,109.00	\$ 365.97		
110	PLACA KNAUF 1/2" REGULAR	m2	1.05	\$ 10,516.00	\$ 11,041.80		
	SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 25,793.77	
	FACTOR DE DESPERDICIO			0.00%	\$ 0.00		
	SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 25,793.77	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 25,794.00</b>	
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
	TRANSPORTE DE INSUMOS	1.00	GL			\$ 516.00	
	SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 516.00	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 516.00</b>	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
<b>ESTRUCTURA</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	30.92	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 2,991.88
19	AYUDANTE	1.00	DIA	30.92	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 1,795.13
<b>PLACA</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	33.37	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 2,771.88
19	AYUDANTE	1.00	DIA	33.37	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 1,663.13
<b>ACABADO</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	28.63	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 3,230.62
19	AYUDANTE	1.00	DIA	28.63	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 1,938.37
	SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 14,391.00	
	<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 14,391.00</b>	
	<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 40,959.00</b>	

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
<b>Estructura alterna en acero conformado en frio</b>						<b>\$ 45,903.00</b>	
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>					<b>UNIDAD</b>	
<b>ITEM:</b>	<b>4.30</b>	<b>CIELO RASO EXTERIOR PARA ALEROS</b>				<b>M2</b>	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMINETAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR 10% MO	DIA	1.00	\$ 258.00	\$ 480.00		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 480.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 480.00</b>		
<b>II. MATERIALES E INSUMOS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
101	ANGULO 2 x 3 1 1/4" x 3/4" C-25 X 2.44m	m	1.4	\$ 1,396.00	\$ 1,954.40		
103	OMEGA 2 1/2" x 7/8" C-25	m	1.81	\$ 2,860.00	\$ 5,176.60		
104	CINTA PAPEL ROLLO	m	1.25	\$ 194.00	\$ 242.50		
105	TORNILLO 6 x 1	und	18	\$ 18.00	\$ 324.00		
106	TORNILLO 7 x 7/16	und	10	\$ 32.00	\$ 320.00		
107	LIDA ABRACOL N. 150	pliego	0.04	\$ 1,600.00	\$ 64.00		
129	TEX JOIN JUNTAS POR GALON	Galón	0.06	\$ 55,133.00	\$ 3,307.98		
130	PARAGUAS MULTIPROPOSITO BLANCO X 5 GALONES	Galón	0.05	\$ 46,160.00	\$ 2,308.00		
131	PLACA SP GLASS 122 x 2.44	m2	0.8	\$ 12,577.00	\$ 10,061.60		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 23,759.08		
FACTOR DE DESPERDICIO			0.00%		\$ 0.00		
SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 23,759.08		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 23,759.00</b>		
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
	TRANSPORTE DE INSUMOS	1.00	GL			\$ 2,400.00	
SUBTOTAL TRANSPORTE					\$ 2,400.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					<b>\$ 2,400.00</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
<b>ESTRUCTURA</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	26.01	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 3,556.88
19	AYUDANTE	1.00	DIA	26.01	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 2,134.13
<b>PLACA</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	28.07	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 3,295.63
19	AYUDANTE	1.00	DIA	28.07	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 1,977.38
<b>ACABADO</b>							
18	OFICIAL	1.00	DIA	17.83	85.00%	\$ 50,000.00	\$ 5,187.50
19	AYUDANTE	1.00	DIA	17.83	85.00%	\$ 30,000.00	\$ 3,112.50
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 19,264.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 19,264.00</b>		
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 45,903.00</b>		