



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil en Obras Civiles

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE PANELES
ESTRUCTURALES DE PERFILES DE ACERO GALVANIZADO
DE BAJO ESPESOR, REVESTIDOS CON TABLEROS
ESTRUCTURALES OSB DE 11,1 MM DE ESPESOR

Tesis para optar al Título de:
Ingeniero Civil en Obras Civiles

Profesor Patrocinante:
Sr. Alejandro Emilio Niño Solís
Ingeniero Civil

NORMA SOLEDAD SALAS MIRANDA
VALDIVIA - CHILE
2010

Veía tan lejano este día y acá estamos...4 de Enero de 2010 cerrando un ciclo.

Estos años en la universidad han sido de una lucha constante, de gratas vivencias, de momentos de éxito y también de angustias y desesperanzas para poder cumplir mis objetivos y así poder alcanzar uno de mis grandes anhelos, culminar mi carrera, los deseos de superarme y de lograr mi meta eran tan grandes que logre vencer todos los obstáculos y es por ello que debo dedicar este triunfo a varias personas que siempre han estado presente en todo este camino...

Primeramente quisiera agradecer a mis papás, quienes se encargaban de subirme el ánimo en eso momentos en que lo único que quería era no saber nada de nada, han sabido guiarme por el camino correcto, y no saben lo mucho que les agradezco que me hayan “hinchado” tanto con sus... “ya pues...a ponerse las pilas...” han sido un pilar fundamental en mi vida, aunque sé que nunca se los he dicho, creo que este momento es el indicado...

Gracias también a mi hermano Enrique...Sos grande!!! A pesar de ser un poco menor, muchas veces diste en el clavo con tus consejos...

Esteban, mi hermano mayor, gracias a ti y a tu familia por estar conmigo en todas, eso no se paga con nada...gracias!!! ojo...que aún me debes un carretito...jejeje...

Benjis querido...tu me diste el ánimo de terminar esto mas rápido, ese empujoncito que me faltaba! (pareciera que llegaste a poner orden...tesorito mío.)

Amigos...

Winka, Gracias amiga por ser tan linda conmigo, mi confidente, aquella que ha estado en todos mis momentos de felicidad y tristezas...

Deny, te portaste un siete conmigo, nos costó salir de ésta, increíblemente pasamos por lo mismo en este proceso “Tesiano” medio “Marciano” agradezco tus convincentes... Amiga tú puedes!

Pablo, aquí estamos, nada que decir, solamente gracias por estar ahí cuando te necesité...nunca hubo un “no puedo”

Detrás de cada línea de llegada hay una de partida

Detrás de cada logro, hay otro desafío

Si extrañas lo que hacías, vuelve a hacerlo...

Sigue aunque todos esperen que abandones

No dejes que se oxide es hierro que hay en ti!!!

Gracias Diosito!!!

Gracias a Todos...pero esto RECIEN COMIENZA!!!

INDICE

RESUMEN

ABSTRACT

CAPITULO I: INTRODUCCION.....	1
1.1. GENERALIDADES.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.3. METODOLOGIA DE TRABAJO.....	4
CAPITULO II: MARCO TEORICO CONCEPTUAL.....	6
2.1.ACERO GALVANIZADO DE BAJO ESPESOR.....	6
2.1.1.GENERALIDADES.....	6
2.2. STEEL FRAMING.....	7
2.3. TABLERO OSB.....	9
2.4. ARMADO DE PANELES.....	11
2.4.1. RIGIDIZACION DE TABIQUES UTILIZANDO PLACA ESTRUCTURAL.....	11
CAPITULO III: ENSAYOS.....	14
3.1. GENERALIDADES.....	14
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS A UTILIZAR.....	14
3.3. CONSIDERACIONES DEL ENSAYO.....	19
3.4. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO.....	20
3.5. GRAFICOS Y RESULTADOS ENSAYOS A COMPRESION DIAGONAL.....	21
CAPITULO IV: ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	30
4.1. GENERALIDADES.....	30
4.1.1. CARGAS HORIZONTALES MAXIMAS APLICADAS.....	30
4.1.2. DEFROMACIONES HORIZONTALES MAXIMAS.....	31
4.1.3. ECUACIONES DE CADA TABIQUE.....	31
4.1.4. DETRMINACION DE RIGIDEZ PARA CADA TABIQUE.....	32
4.1.5. ANALISIS ESTADISTICO.....	34
4.1.5.1. REGRESION LINEAL SIMPLE.....	34

CAPITULO V: COMPARACION DE RESISTENCIA Y COSTO QUE TIENE UN.....41
PANEL TRADICIONAL DE MADERA REVESTIDO CON OSB, PANEL DE FORMA-
CON REVESTIDO EN AMBAS CARAS CON OSB Y UN PANEL COVINTEC

5.1. PANEL TRADICIONAL DE MADERA REVESTIDO EN AMBAS CARAS CON
TABLEROS DE OSB.....41

5.2. PANEL ESTRUCTURAL DE PERFIL DE ACERO GALVANIZADO DE BAJO
ESPESOR REVESTIDO CON PLACAS DE OSB.....42

5.3. PANEL COVINTEC.....44

CAPITULO VI: MODELACION DE PANELES ESTRUCTURALES.....45

CONFORMADODE PERFILES DE ACERO GALVANIZADO DE BAJO
ESPESOR REVESTIDO POR TABLEROS DE OSB DE 11,1 MM DE ESPESOR
A TRAVES DEL SOFTWARE SOFTWARE SAP2000

6.1. INTRODUCCION.....45

6.2. SOFTWARE SAP2000.....46

6.3. CASO N°1.....47

6.4. CASO N°2.....54

6.5. CASO N°3.....61

6.6. RESUMEN DE LAS REACCIONES HORIZONTALES EN EL APOYO.....68

DESLIZANTE EN QUE ES APLICADA LA FUERZA DIAGONAL

6.7. RESUMEN DE LAS DEFORMACIONES DIAGONALES OBTENIDAS.....69

A TRAVES DEL SOFTWARE SAP2000

6.8. RESUMEN DE LOS GRAFICOS DE TENSIONES A CORTANTE DE LOS.....73

CASOS 1,2,3, EN PARALELO CON LOS GRAFICOS QUE ESTAN REFORZADOS DE
PERFIL DE ACERO GALVANIZADOS EN LA DIRECCION APUESTA A LA
APLICACIÓN DE LA CARGA EN EL APOYO DESLIZANTE

CAPITULO VII: CONCLUSIONES.....79

BIBLIOGRAFIA

INDICE TABLAS

TABLA 3.1. TABIQUE 1.....	22
TABLA 3.2. TABIQUE 2.....	23
TABLA 3.3. TABIQUE 3.....	24
TABLA 3.4. TABIQUE 4.....	25
TABLA 3.5. TABIQUE 5.....	26
TABLA 3.6. TABIQUE 6.....	27
TABLA 3.7. TABIQUE 7.....	28
TABLA 3.8. TABIQUE 8.....	29
TABLA 4.1.1.a. CARGAS HORIZONTALES MAXIMAS APLICADAS.....	30
TABLA 4.1.1.b. CARGAS HORIZONTALES MAXIMAS APLICADAS.....	30
TABLA 4.1.2.a. DEFORMACION HORIZONTALES MAXIMAS.....	31
TABLA 4.1.1.b. DEFORMACION HORIZONTALES MAXIMAS.....	31
TABLA 5.1. PANEL TRADICIONAL DE MADERA REVESTIDO CON OSB.....	42
TABLA 5.2. PANEL DE FORMACION REVESTIDO CON TABLEROS OSB.....	43
TABLA 6.1. RESUMEN DE LAS DEFORMACIONES HORIZONTALES.....	72
DEL MODELO DE LOS PANELES INICIALES EN COMPARACION CON LOS PANELES EN QUE LES ADICIONO UN PERFIL DE ACERO GALVANIZADO EN LA DIAGONAL	

INDICE FIGURAS

FIGURA 1.1. ESTRUCTURACION EN BASE A PERFILES DE ACERO.....	3
GALVANIZADO	
FIGURA 1.2. ESTRUCTURA DE PERFILES DE ACERO GALVANIZADO.....	4
DE BAJO ESPESOR REVESTIDOS POR TABLERO ESTRUCTURALES	
FIGURA 2.1. TABLERO OSB.....	10
FIGURA 2.2. PANEL TIPICO EN STEEL FRAMING.....	11
FIGURA 2.3. ESTRUCTURA DE ACERO GALVANIZADO DE BAJO.....	12
ESPESOR REVESTIDO CON PANELES DE OSB	
FIGURA 2.4. LEVANTAMIENTO DE SOLERAS Y MONTANTES.....	12
FIGURA 2.5. ESTRUCTURA DEL PANEL EN QUE LOS MONTANTES.....	13
ESTAN SEPARADOS A 60 CM	
FIGURA 2.6. ESTRUCTURA DEL PANEL EN QUE LOS MONTANTES.....	13
ESTAN SEPARADOS A 40 CM, SE VE REVESTIDO POR UNA CARA CON TABLERO DE OSB	

FIGURA 2.7. ESTRUCTURA DEL PANEL, EN QUE LOS MONTANTES.....	13
ESTAN SEPARADOS A 40 CM	
FIGURA 3.1. DEFORMIMETRO.....	14
FIGURA 3.2. MAQUINA DE ENSAYO.....	15
FIGURA 3.3. ACOPLER METALICOS.....	15
FIGURA 3.4. DIMENSIONES DE LOS ACOPLER METALICOS.....	15
FIGURA 3.5. DIMENSIONES DE CULAS METALICAS.....	16
FIGURA 3.6. CUÑAS METALICAS.....	16
FIGURA 3.7. CELDA DE CARGA, GATO HIDRAULICO Y LECTOR DIGITAL.....	16
FIGURA 3.8. GATO HIDRAULICO.....	17
FIGURA 3.9. CELDA DE CARGA.....	17
FIGURA 3.10. LECTOR DIGITAL.....	18
FIGURA 3.11. BARRA DE ACERO.....	18
FIGURA 3.12. CUBOS METALICOS.....	19
FIGURA 3.13. ANGULO DE APLICACIÓN DE LA CARGA.....	19
FIGURA 3.14. ESQUEMA DE LA MAQUINA DE ENSAYO VISTA.....	20
DESDE ARRIBA	
FIGURA 3.15. DESGLOSE DE LA CARGA APLICADA EN EL ENSAYO.....	21
COMPRESION DIAGONAL	
FIGURA 3.16. GRAFICO DE CARGA VERSUS DESPLAZAMIENTO.....	22
PARA TABIQUE 1	
FIGURA 3.17. GRAFICO DE CARGA VERSUS DESPLAZAMIENTO.....	23
PARA TABIQUE 2	
FIGURA 3.18. GRAFICO CARGA VERSUS DESPLAZAMIENTO.....	24
PARA TABIQUE 3	
FIGURA 3.19. GRAFICO CARGA VERSUS DESPLAZAMIENTO.....	25
PARA TABIQUE 4	
FIGURA 3.20. GRAFICO CARGA VERSUS DESPLAZAMIENTO.....	26
PARA TABIQUE 5	
FIGURA 3.21. GRAFICO CARGA VERSUS DESPLAZAMIENTO.....	27
PARA TABIQUE 6	
FIGURA 3.22. GRAFICO CARGA VERSUS DESPLAZAMIENTO.....	28
PARA TABIQUE 7	
FIGURA 3.23. GRAFICO CARGA VERSUS DESPLAZAMIENTO.....	29
PARA TABIQUE 8	
FIGURA 5.1. CONFECCION DE TABIQUE DE MADERA.....	41
FIGURA 5.2. PABEL DE FORMACON.....	42

FIGURA 5.3. PANEL DE COVINTEC.....	44
FIGURA 6.1. DISTRIBUCION DE FUERZAS EN CASO 1.....	47
FIGURA 6.2. DEFORMACION DEL MODELO EN EL PUNTO DE.....	48
APLICACIÓN DE LA CARGA DIAGONAL	
FIGURA 6.3. DEFORMACION DEL MODELO EN EL PUNTO SUPERIOR.....	49
IZQUIERDO	
FIGURA 6.4. DEFORMACION DEL MODELO EN EL PUNTO INFERIOR.....	50
DERECHO	
FIGURA 6.5. DEFORMACION DEL MODELO EN EL PUNTO CENTRAL.....	51
FIGURA 6.6. DEFORMADA DEL MODELO INICIAL.....	52
FIGURA 6.7. CONCENTRACION DE TENSIONES A CORTANTE.....	53
FIGURA 6.8. DISTRIBUCION DE FUERZAS.....	54
FIGURA 6.9. DEFORMACION DEL MODELO EN EL PUNTO DE.....	55
APLICACIÓN DE LA CARGA DIAGONAL	
FIGURA 6.10. DEFORMACION DEL MODELO EN EL PUNTO SUPERIOR.....	56
IZQUIERDO	
FIGURA 6.11. DEFORMACION DEL MODELO EN EL PUNTO INFERIOR.....	57
DERECHO	
FIGURA 6.12. DEFORMACION DEL MODELO EN EL PUNTO CENTRAL.....	58
FIGURA 6.13. DEFORMADA DEL MODELO INICIAL.....	59
FIGURA 6.14. CONCENTRACION DE TENSIONES A CORTANTE.....	60
FIGURA 6.15. DISTRIBUCION DE FUERZAS.....	61
FIGURA 6.16. DEFORMACION DEL MODELO EN EL PUNTO INFERIOR.....	62
DERECHO	
FIGURA 6.17. DEFORMACION DEL MODELO EN EL PUNTO SUPERIOR.....	63
IZQUIERDO	
FIGURA 6.18. DEFORMACION DEL MODELO EN EL PUNTO INFERIOR.....	64
DERECHO	
FIGURA 6.19. DEFORMACION DEL MODELO EN EL PUNTO CENTRAL.....	65
FIGURA 6.20. DEFORMADA DEL MODELO INICIAL.....	66
FIGURA 6.21. CONCENTRACION DE TENSIONES A CORTANTE.....	67
FIGURA 6.22. REACCIONES HORIZONTALES EN EL APOYO DESLIZANTE.....	68
FIGURA 6.23. REACCIONES HORIZONTALES EN EL APOYO DESLIZANTE.....	68
FIGURA 6.24. REACCIONES HORIZONTALES EN EL APOYO DESLIZANTE.....	69
FIGURA 6.25. MODIFICACION DEL MODELO INICIAL CON UN PERFIL.....	70
EN LA DIAGONAL	

FIGURA 6.26. MODIFICAION DEL MODELO INICIAL CON UN PERFIL.....	71
EN LA DIAGONAL	
FIGURA 6.27. MODIFICAION DEL MODELO INICIAL CON UN PERFIL.....	70
EN LA DIAGONAL	
FIGURA 6.28. TENSIONES A CORTANTE EN CASO 1 CON PERFIL EN.....	73
EN SU DIAGONAL	
FIGURA 6.29. TENSIONES A CORTANTE EN CASO 1 CON PERFIL EN.....	74
EN SU DIAGONAL	
FIGURA 6.30. TENSIONES A CORTANTE EN CASO 2 CON PERFIL EN.....	75
EN SU DIAGONAL	
FIGURA 6.31. TENSIONES A CORTANTE EN CASO 2 CON PERFIL EN.....	76
EN SU DIAGONAL	
FIGURA 6.32. TENSIONES A CORTANTE EN CASO 3 CON PERFIL EN.....	77
EN SU DIAGONAL	
FIGURA 6.33. TENSIONES A CORTANTE EN CASO 1 CON PERFIL EN.....	78
EN SU DIAGONAL	

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

Debemos tener en cuenta que la construcción día a día nos presenta desafíos a solucionar, por ende se debe enfocar a nuevas formas de construir, de forma tal de poder encontrar soluciones de menor costo y un mejor aprovechamiento en la combinación de materiales. Para poder encausar dichas problemáticas es necesario una investigación sobre nuevas propuestas.

El objetivo de este proyecto de título es estudiar el comportamiento a ensayos de compresión diagonal de paneles estructurales conformado de perfiles de acero galvanizado de bajo espesor revestidos por tableros estructurales OSB de 11,1 mm de espesor.

Estos perfiles se introdujeron en el país por las empresas CINTAC y FORMAC, a partir del año 1997, basándose en la información y estudios que fueron desarrollados en Estados Unidos. En los manuales de los principales fabricantes no existe ensayos realizados para estos paneles, estos se diseñan como un sándwich, conformado de tablero estructural de OSB mas perfil galvanizado liviano y finalmente tablero estructural de OSB. La empresa FORMAC mostró gran interés por contar con este estudio, por lo que auspició esta tesis con la cantidad de perfiles necesarios para la ejecución de esta.

El sistema de perfiles galvanizados de Formac, no cuenta con información de la resistencia y rigidez que alcanza una estructura de tabaquería de forma con revestida con placas de OSB de 11,1 mm. de espesor por ambos lados, al ser analizados a través de ensayos de compresión diagonal, cuyas cargas máximas son chequeadas de acuerdo a la Nch 433 Of. 96, donde la deformación máxima para nuestro caso no debe ser mayor que 4,8 mm.

Los tableros de OSB fabricados en Chile aparecen como una alternativa muy conveniente con respecto al tablero contrachapado debido al ahorro económico y a su durabilidad.

Formacon es un novedoso sistema constructivo que utiliza perfiles de acero galvanizado de bajo espesor, conformados en frío. Estos unidos a través de tornillos auto perforantes, permiten dar gran rapidez y fluidez a la construcción de casas, oficinas, ampliaciones, estructuras de techo; con este sistema se pueden construir muros exteriores, cerchas de techos, envigados de piso, dinteles y otros.

La industria de los tableros estructurales de OSB (Oriented Strand Board) ha experimentado varios cambios, con el fin de incorporar al mercado productos de calidad a menor costo.

La versatilidad de uso, precio y aplicación de moderna tecnología en el proceso de fabricación, hacen del tablero estructural OSB un producto cuyas características lo hacen apto para la construcción de viviendas.

Debido a los problemas que significa construir viviendas con madera, el sistema ha evolucionado cambiando ésta por estructuras de acero galvanizado de bajo espesor. El objetivo de éste sistema constructivo consiste en aprovechar la técnica de la obra tradicional integrando las mejoras de las nuevas tecnologías y extender el campo de posibilidades en cuanto a formas constructivas, sin aumentar el coste de la obra, permitiendo nuevas formas y permitiendo gran libertad.

Este sistema constructivo resulta más preciso, económico y limpio, además permite disfrutar de un alto nivel de confort.

Desde hace más de 150 años el acero predomina en la construcción. Hoy en día sigue siendo uno de los materiales industrializados más resistentes y duraderos. El acero aparece actualmente como el material preferido para estructuras en la construcción de viviendas.

Constructores y propietarios de América y de algunos países de Europa ya se han familiarizado con los múltiples beneficios que ofrece el acero galvanizado en la construcción de viviendas.

El acero conformado en frío es ligero, manejable y una alternativa de alta calidad frente a otros materiales tradicionales utilizados para estructuras de viviendas. Muchos de los componentes de las estructuras de acero galvanizado han sido diseñados, en un principio, como sustitutos de elementos para estructuras tradicionales. No obstante, ahora se fabrican para reflejar la solidez y la superior consistencia del acero. La variedad de formas y diseños disponibles se han extendido más allá de los estándares de las estructuras convencionales, y esta variedad ofrece al constructor la ventaja de ahorrar tiempo y costos en la construcción con un producto de alta calidad.

Finalizando este estudio y con los resultados que arrojen los ensayos realizados en laboratorio LEMCO, se pretende determinar la rigidez y cargas máximas de estos paneles estructurales así como también la generación de un modelo práctico que guarde relación con los ensayos en laboratorio.



Figura 1.1 Estructuración en base a perfiles de acero galvanizado

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL:

- Análisis del comportamiento a compresión diagonal de paneles estructurales de perfiles de acero galvanizado de bajo espesor, revestidos con tableros estructurales OSB de 11,1 mm de espesor.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Determinar la rigidez experimental de los paneles estructurales de perfiles de acero galvanizado de bajo espesor, revestidos con tableros estructurales de OSB de 11,1 mm de espesor.
- Obtener experimentalmente la deformación horizontal que presentan estos paneles estructurales al ser sometidos a ensayos de compresión diagonal.
- Realizar una comparación de costos entre los paneles estructurales vistos en este estudio, con otras alternativas de paneles estructurales.

1.3 METODOLOGÍA DE TRABAJO

El siguiente estudio consta de varias etapas, que veremos a continuación:

1.- Se construirá 8 tabiques de acero galvanizado de bajo espesor cuyas medidas serán de 1.22 x 2.44 mt. medido desde los exteriores del muro, las que serán revestidas por placas de OSB de 11,1 mm de espesor en ambas caras. En 4 de los paneles los montantes estarán separados a 40 cm, los otros 4 paneles, los montantes estarán separados a 60 cm.

El tabique de Formacon será confeccionado con perfiles estructurales Tipo U para solera cuyas medidas son 62x25x0,85 mm, y para montantes perfiles estructurales Tipo C en que las medidas son 60x38x0,85 mm, esta estructura de acero galvanizado de bajo espesor será unida a través de tornillos autoperforantes de 1 1/2" #8.

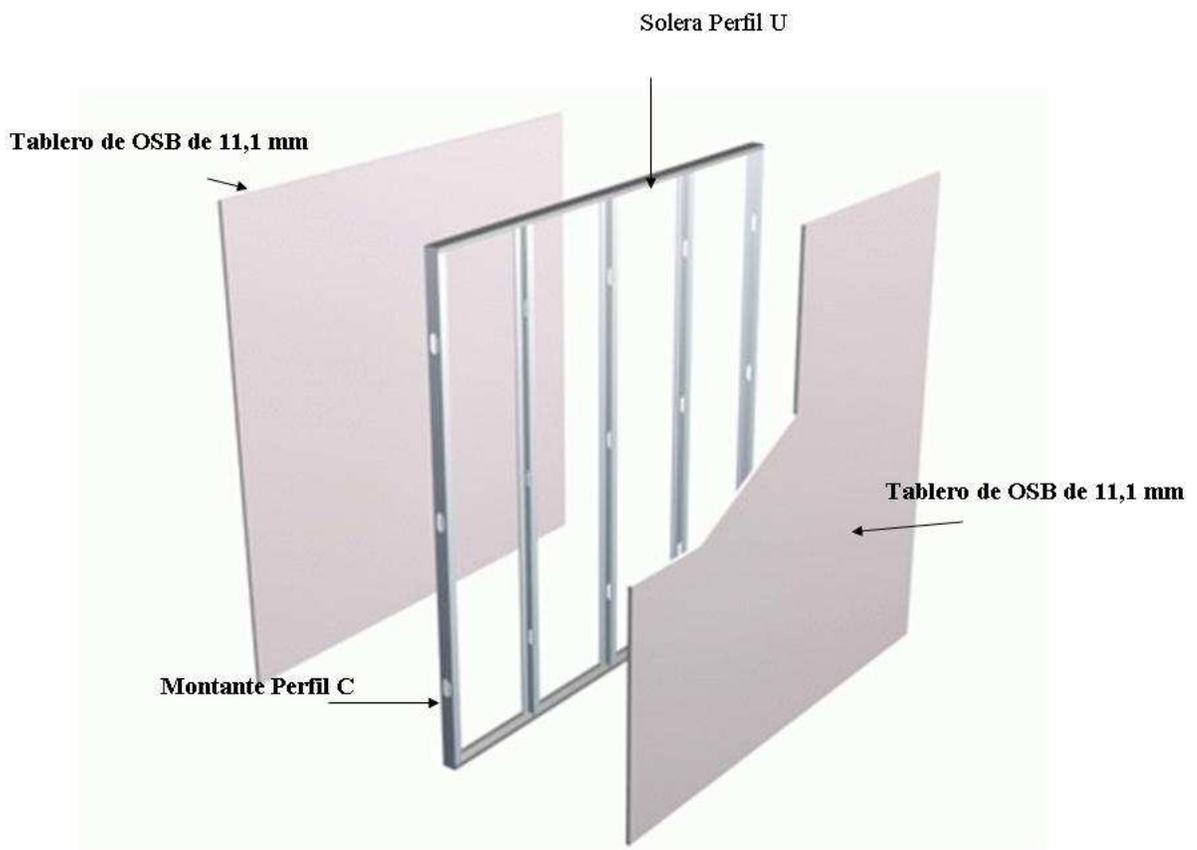


Figura 1.2 Estructura de perfiles de acero galvanizado revestido por tableros estructurales

2.- Se ensayará los tabiques a compresión diagonal, en el laboratorio de la Universidad Austral de Chile (LEMCO).

- 3.- Para los ensayos se medirá la cantidad de carga sometida sobre éstos y la deformación que tendrán de acuerdo a lo permitido por la Nch 433 Of. 96.
- 4.- Una vez finalizados los ensayos se procederá a su análisis y evaluación, donde se obtendrá los resultados que arrojaron los ensayos.

CAPITULO II

MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1 ACERO GALVANIZADO DE BAJO ESPESOR

2.1.1 GENERALIDADES

El aumento del consumo de Acero a lo largo del siglo XX es un fiel reflejo de la evolución en la utilización de nuevas tecnologías y materiales. Desde 1900 a 1999 el consumo aumentó de 28 millones de toneladas anuales a 780 millones de toneladas anuales. Esto determina un crecimiento promedio de 3,4 % anual a lo largo de 100 años. Así podemos decir que éste fue el siglo del Acero, si tomamos en cuenta la evolución del Acero hacia el Acero Liviano Galvanizado y otras aleaciones, bien podríamos decir que el siglo XXI será el siglo del “Acero Inteligente”.

De esto se desprende que en buena medida, la responsabilidad sobre el correcto uso del acero recae sobre los Ingenieros Civiles y Proyectistas Estructurales en la etapa de diseño, sobre las maestranzas y su personal en la etapa de fabricación y sobre los constructores en la etapa de construcción de una obra. Y para cumplir este compromiso, debemos esmerarnos en saber cada día más sobre este material tan útil cuando se aprovechan sus ventajas y controlan sus defectos.

Los elementos de acero estructural conformados en frío, son perfiles fabricados por doblado en plegadora a partir de tiras cortadas de planchas, o por conformado en rodillos a partir de bobinas de acero o planchas laminadas en frío o en caliente, siendo ambas operaciones realizadas a temperatura ambiente, esto es sin el agregado intencional de calor, tal como se requiere en el conformado en caliente.

Tradicionalmente los perfiles conformados en frío han sido de espesores entre 2 y 6 milímetros, no obstante se han acogido en forma muy exitosa los perfiles galvanizados ultra delgados que en espesores menores a 1 milímetro están siendo utilizados en aplicaciones semi industrializadas de muros, paneles y techumbres.

Estos perfiles galvanizados de bajo espesor se utilizan principalmente como elementos resistentes primarios en construcciones menores y como elementos secundarios en edificios mayores, cordones y almas de vigas enrejadas también en estructuras estereométricas, pero su aplicación fundamental esta orientada a la construcción de viviendas en forma industrializada formando parte de la estructura completa de la vivienda o en forma parcial, siendo esto cerchas, techumbres, segundos pisos, entrepisos, muros exteriores e interiores.

La construcción en base a perfiles galvanizados de bajo espesor tiene un desarrollo de más de 20 años en el mundo, en Chile se comenzó a introducir su uso a partir del año 1997 aproximadamente, pero no en forma masiva. Formac S.A. como la empresa más importante del mercado en la fabricación de productos de acero conformados en frío, fue una de las primeras en introducir el sistema “Steel Framing” a Chile (Ver Anexo A), que luego de llevarlo a la realidad nacional derivó en Formacon ®, sistema constructivo que utiliza como base los perfiles de acero galvanizado de bajo espesor.

Formacon es un sistema constructivo de viviendas totalmente en seco, en el que los muros perimetrales, tabiques, entrepisos, cielos y techos, son soportados por una estructura de perfiles de acero galvanizado liviano. Se pueden construir viviendas completas, segundos piso, techumbres, tabiques, cielos.

Los perfiles son fabricados en acero estructural galvanizado de alta resistencia ASTM 653 Gr 275 G90 lo que permite diseñar en bajos espesores logrando estructuras livianas, resistentes e invariables con el paso del tiempo.

2.2 STEEL FRAMING

Steel Framing se refiere al conjunto de técnicas constructivas de última generación que permiten realizar cualquier tipo de construcción, en forma mucho más rápida, segura, confortable y económica, con resultados finales que aventajan en general la buena construcción tradicional. Siendo la denominación de origen inglés, el concepto de Steel Framing deriva del término frame, esqueleto estructural compuesto por elementos de acero galvanizado, diseñados para conformar edificios o construcciones especiales y soportar las cargas que actuarán sobre ellos. En tal sentido, framing designa el proceso por el cual se unen y vinculan estos elementos. Una característica esencial del procedimiento constructivo es su condición de montaje en seco: en efecto, las edificaciones en Steel Framing se realizan sin obra húmeda, con las ventajas que esto tiene, sobre todo en ciertas situaciones climáticas y ambientales. Para lograr esto, se compone de una cantidad de subsistemas: el que da forma al esqueleto estructural, con fijaciones, uniones y diafragmas de rigidización; aislaciones termoacústicas e hidrófugas; placas de roca de yeso (interiores) y cementicias (exteriores); e instalaciones (gracias al diseño de las piezas estructurales de chapa conformada en C para los montantes y U para las soleras) que facilitan el paso de las canalizaciones eléctricas, sanitarias y de otros servicios, eliminando las clásicas roturas de mampostería de las obras tradicionales.

A continuación se detallan las características más importantes del sistema:

- Abierto

Es abierto, porque se puede combinar con otros materiales dentro de una misma estructura, o ser utilizado como único elemento estructural. En edificios en altura se utiliza para las subdivisiones interiores y para la estructura secundaria de revestimiento de fachadas. En edificios entre medianeras logra adaptarse perfectamente a las exigencias y situaciones existentes. En viviendas, y en otros edificios de menor altura, puede ser el único material estructural utilizado, haciendo de base a substratos en cubiertas y fachadas.

- Flexible

El proyectista puede diseñar sin restricciones, planificar etapas de ampliación o crecimiento, debido a que no tiene un modulo fijo sino uno recomendado de 0,40 m. a 0.60 m., o menos. Admite cualquier tipo de terminaciones tanto exteriores como interiores.

- Racionalizado

Se lo considera racionalizado por sus características y procesos, ya que establecen la necesidad de pensar y trabajar con 3 decimales, lo cuál hace más precisa la documentación de obra, y del mismo modo, su ejecución. Una de sus cualidades más destacadas, es la precisión propia del material en su conformación, permitiendo un mejor control de calidad. En situaciones de trabajos de gran envergadura, la estandarización se hace notable y contribuye a la disminución y optimización de los recursos.

- Confort y Ahorro de Energía

El sistema permite pensar y ejecutar de una manera más eficiente las aislaciones, las instalaciones y todos los ítems que redundan en un mayor confort de la construcción. El Steel Framing, es especialmente apto para cualquier tipo de clima y situación geográfica, sobre todo las extremas.

- Optimización de Recursos

Por ser un sistema liviano nos da la posibilidad de rapidez de ejecución, incluyendo el panelizado, y posterior montaje. La ejecución de las instalaciones es realmente sencilla y muy eficiente. Estas características influyen en gran medida en el aprovechamiento de los materiales y de la mano de obra, ya que la planificación se hace más sencilla y precisa, pudiendo cumplir las metas fijadas en cuanto a los recursos económicos y de tiempo. Las reparaciones son muy simples y la detección de los problemas de pérdidas en cañerías de agua es inmediata.

- Durabilidad

El Steel Framing utiliza materiales inertes y nobles como el acero galvanizado, lo cual lo convierte objetivamente en extremadamente durable a través del tiempo.

- Reciclaje

La composición del acero producido en la actualidad incluye más de un 60% de acero reciclado, por lo que, desde un punto de vista ecológico, lo caracteriza como muy eficiente.

Para más información ver:

Anexo A: Conceptos y Características que definen el Acero Galvanizado para el Steel Framing

2.3 TABLERO OSB

Los tableros OSB (Oriented Strand Board) son paneles de madera reconstituida, producidos a partir de hojuelas obtenidas por un corte tangencial de la madera, las cuales luego de ser secadas, encoladas y prensadas dan como resultado un tablero, apto para uso estructural, ya sea en el interior como en el exterior de las viviendas (Manual de control de calidad QMS, 2003).

Los tableros deben ser almacenados en áreas limpias y secas, separados del piso y si es posible bajo techo. Si se almacena al aire libre se recomienda cubrirlos con plásticos, cuidando de mantener los laterales separados de los costados de los paneles para permitir la circulación de aire.

Medidas adicionales de protección deben tomarse para períodos prolongados de exposición. Almacenar en una superficie lisa y a lo menos con tres puntos de apoyo.

Los tableros OSB son diseñados principalmente para uso de estructuras habitacionales.

El cambio en el contenido de humedad, necesariamente, se traduce en una variación dimensional de los tableros, por lo tanto, es imperativo lograr que este efecto se produzca antes de instalar, el no hacerlo producirá deformaciones tanto en las estructuras como en los tableros.

Según NCh 1198 Of. 2006, Construcciones en Madera, “La Madera y los elementos derivados de ella deben tener, en el momento de su utilización, un contenido de humedad igual al correspondiente a la humedad de equilibrio del lugar donde prestará servicio.

Entenderemos por estabilización, al proceso mediante el cual igualaremos el contenido de humedad del tablero con el valor de la humedad de equilibrio del lugar donde se utilizará.

Con el fin de efectuar una correcta estabilización, debemos conocer la humedad de equilibrio del lugar de utilización, así como también, el contenido de humedad de los tableros que se utilizarán, se recomienda el uso de un higrómetro de superficie.

Una forma rápida y acertada de reconocer la humedad de equilibrio es medir el contenido de humedad en elementos de madera en las cercanías del lugar de utilización, con este antecedente, determinaremos si debemos humectar o secar el producto.

La humectación se recomienda cuando el contenido de humedad de los tableros esta por debajo de la humedad de equilibrio del lugar de utilización y por lo tanto debemos incorporar humedad al tablero.

Mojar cada plancha (500 a 1.000 cc de agua) y dejar reposar en palets por 2 días, luego comparar con la humedad de equilibrio del lugar de utilización con la ayuda de un higrómetro de, superficie, de no ser suficiente repetir el procedimiento.

El secado se recomienda cuando el contenido de humedad de los tableros esta por sobre de la humedad de equilibrio del lugar de utilización y por lo tanto debemos bajar la humedad al tablero. Encastillar las planchas para permitir su ventilación individual y correspondiente perdida de humedad (4 a 5 días). Luego comparar con la humedad del lugar de utilización con la ayuda de un higrómetro de superficie, de no ser suficiente repetir el procedimiento.



Figura 2.1 Tablero OSB

Para más información ver:

Anexo B: Conceptos y Características que definen al Tablero de OSB.

2.4 ARMADO DE PANELES

Los paneles están compuestos por una determinada cantidad de elementos verticales de perfil C llamados montantes y elementos horizontales transversales tipo U denominados soleras.

La distancia entre los montantes o modulación, generalmente de 400 a 600 mm, la determinan las solicitaciones a que cada perfil es sometido. Lógicamente, cuanto mayor es la separación entre los montantes, tanto menor será la cantidad de los mismos y, por consiguiente, mayor será la carga que cada uno debe absorber.

Los montantes van unidos en sus extremos inferiores y superiores por soleras, perfil de sección transversal simple U simple. Su función consiste en fijar los montantes a fin de construir un entramado estructural.

2.4.1 RIGIDIZACION DE TABIQUES UTILIZANDO PLACA ESTRUCTURAL

El tabique de Formacon será confeccionado con perfiles estructurales Tipo U para solera cuyas medidas son 62x25x0,85 mm, y para montantes perfiles estructurales Tipo C en que las medidas son 60x38x0,85 mm, esta estructura de acero galvanizado de bajo espesor será unida través de tornillos auto perforantes de 1 ½" #8. Luego esta estructura será revestida por tableros de OSB de 11,1 mm de espesor.

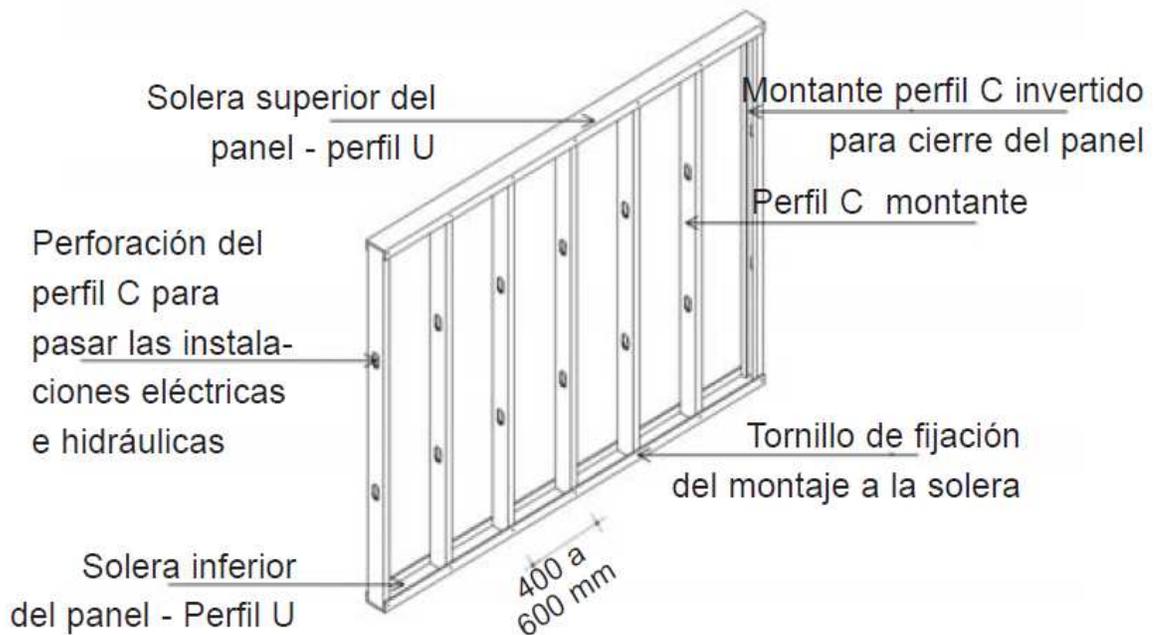


Figura 2.2 Panel típico en Steel Framing

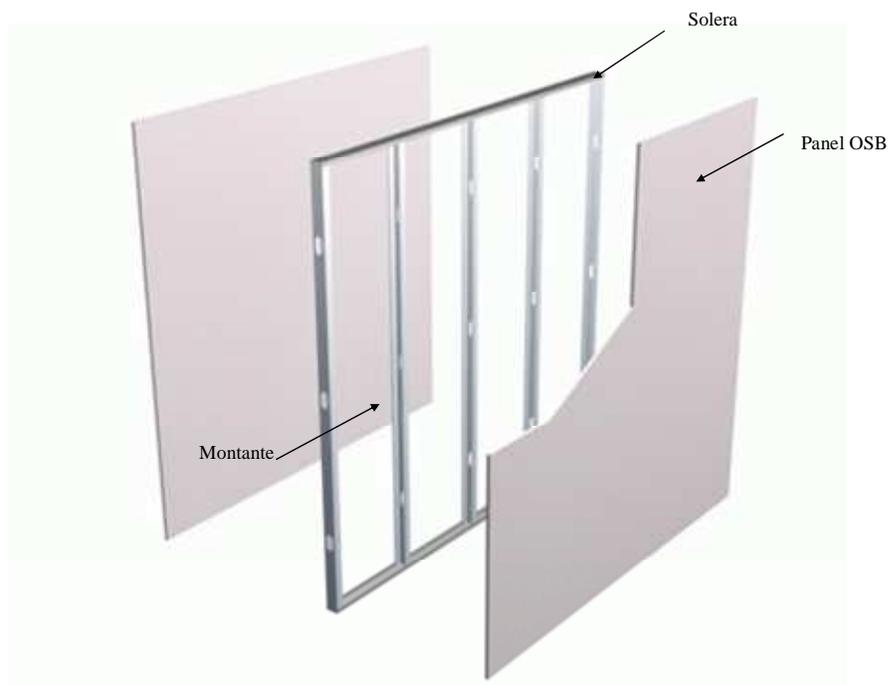


Figura 2.3 Estructura de acero galvanizado de bajo espesor, revestido con paneles de OSB



Figura 2.4 Levantamiento de Soleras y Montantes



Figura 2.5 Estructura del panel en que los montantes están separados a 60 cm



Figura 2.6 Estructura del panel en que los montantes están separados a 40 cm., y se ve revestido por una cara con tablero OSB



Figura 2.7 Estructura del panel, en que los montantes están separados a 40 cm

CAPITULO III

ENSAYOS

3.1 GENERALIDADES

El ensayo a realizar a estos paneles será el ensayo de compresión diagonal el cual se someterá a cargas necesarias para medir el comportamiento de esta estructura.

Para este ensayo no se encuentra una Norma Chilena que disponga de los procedimientos necesarios para un correcto análisis de éste, pero se utilizará la misma forma de ensayo que se utiliza para los muretes de albañilería.

Se medirá la deformación a través de la línea de acción de la fuerza y el valor de la carga máxima aplicada.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS A UTILIZAR

Para la ejecución de este ensayo se emplearon los siguientes materiales:

- Un Deformímetro, utilizado para medir la deformación, medida por un dial graduado con precisión de 0.1 mm.



Figura 3.1 Deformímetro

- Máquina de Ensayo.



Figura 3.2 Máquina de ensayo

- Acoples metálicos, pieza que se ubicará en las esquinas de los elementos, justo en la diagonal de éstos, que será sometido a la compresión.



Figura 3.3 Acoples metálicos

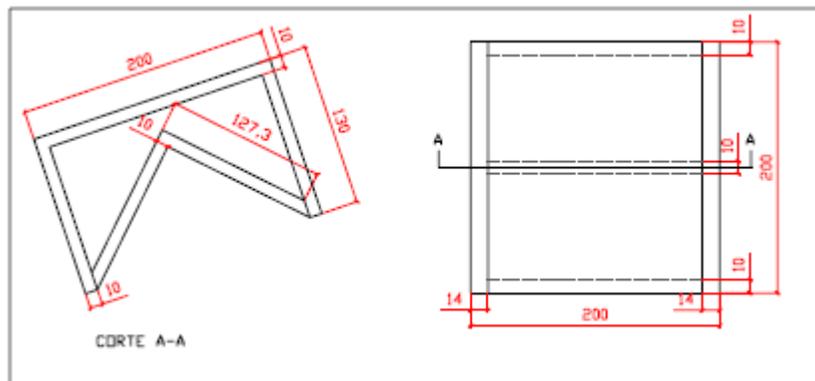


Figura 3.4 Dimensiones de los acoples metálicos

- Cuñas, sus dimensiones se encuentran especificadas en la Figura 2.5. Se utilizan para lograr una unión horizontal entre los cubos y los acoples.

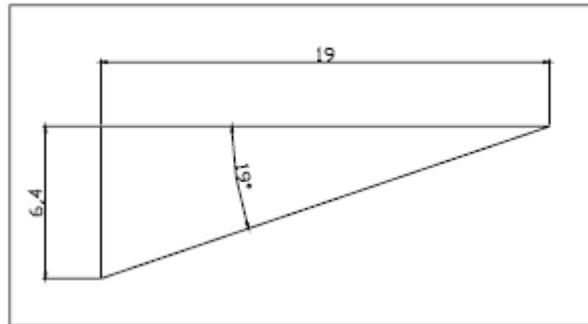


Figura 3.5 Dimensiones de cuñas metálicas



Figura 3.6 Cuñas metálicas

- Celda de carga, gato hidráulico y lector digital,



Figura 3.7 Celda de carga, gato hidráulico y lector digital

- Gato hidráulico:

Con el cual se someterá la carga en el panel. Con capacidad de 50 toneladas y carrera de 150 mm.



Figura 3.8 Gato Hidráulico

- Celda de Carga:

Con capacidad de carga de 12.5 toneladas.



Figura 3.9 Celda de Carga

- **Lector Digital:**
Este se encuentra conectado a la celda de carga.



Figura 3.10 Lector Digital

- **Barras de Acero**

Se utilizarán 4 barras de acero de 22 mm de diámetros, con hilo whitwoth 5/8" con sus cuatro tuercas correspondientes, las cuales unirán, tensarán y permitirá un correcto deslizamiento del cubo metálico.



Figura 3.11 Barra de Acero

- **Cubos Metálicos:**
Se utilizarán tres de estos cubos, en cual dos de estos se encontrarán fijos y el tercero cumplirá la función de deslizarse a través de la barras de acero sometiendo el panel al esfuerzo de corte.

Estos cubos tendrán como dimensiones 28x28x19.5 cm y cuatro perforaciones simétricamente ubicadas por donde se fijarán las barras de acero.



a)



b)

Figura 3.12 a y b) Cubos Metálicos

- Huincha:
Para medir la deformación que tendrán los paneles.

3.3 CONSIDERACIÓN DEL ENSAYO

Debemos tener en cuenta que la carga aplicada sobre el panel se debe descomponer en el plano x e y, para poder encontrar la resultante horizontal de la carga para realizar nuestros cálculos.

El ángulo de aplicación de la carga es de 63° .

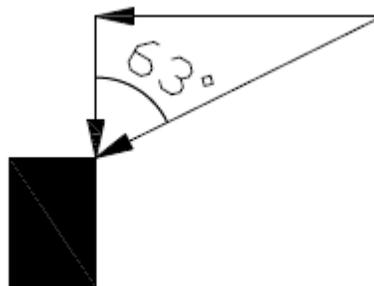


Figura 3.13 Angulo de aplicación de la carga

$$\text{CORTE CARGA } X = \text{CARGA APLICADA} \times \cos 63^\circ \quad (\text{kg})$$

3.4 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

Para la realización de este ensayo se sometieron 8 tabiques, los cuales se fueron tomando de cuatro en cuatro, para someterlos a ensayos de compresión diagonal, en los cuales se medirá la cantidad de carga sometidos sobre éstos y la deformación que tendrán.

Los cubos metálicos deben estar a una distancia mayor que la distancia de la diagonal, se colocan las barras inferiores de la máquina y se ubica el panel sobre ella, donde se debe ver que el panel debe estar ubicado a una altura mayor que la de las barras inferiores, este panel a su vez debe estar alineado con el centro del cubo metálico para que la carga aplicada sobre éste se encuentre en el centro de él.

Una vez ubicada la maquina se procede a la colocación de los acoples metálicos y las cuñas metálicas para poder obtener el ángulo correcto de la aplicación de la carga, colocándose la celda de carga y la gata hidráulica donde va la celda de carga va en la parte superior de la gata hidráulica, procediéndose a ubicar las dos barras superiores.

Una vez instalado el panel en la máquina se procederá al ensayo de éste donde mediremos la carga aplicada y la deformación que tendrá.

Ver figura siguiente:

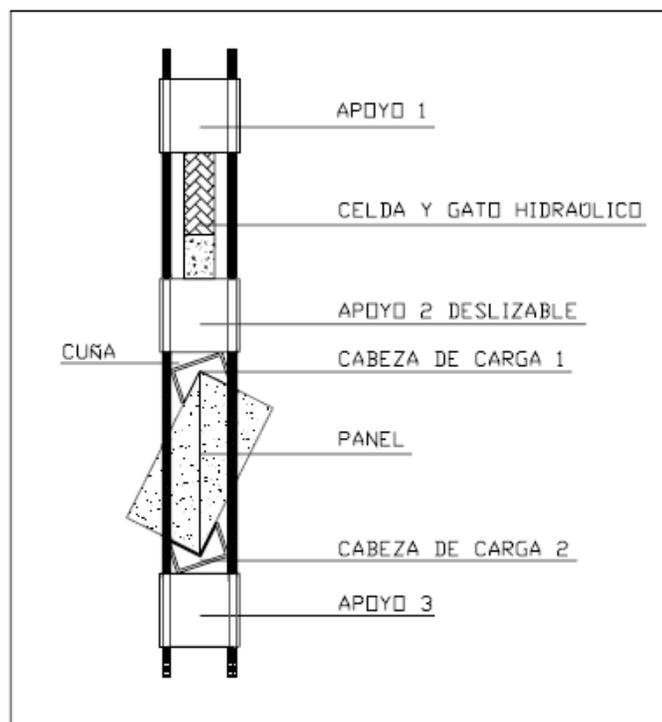
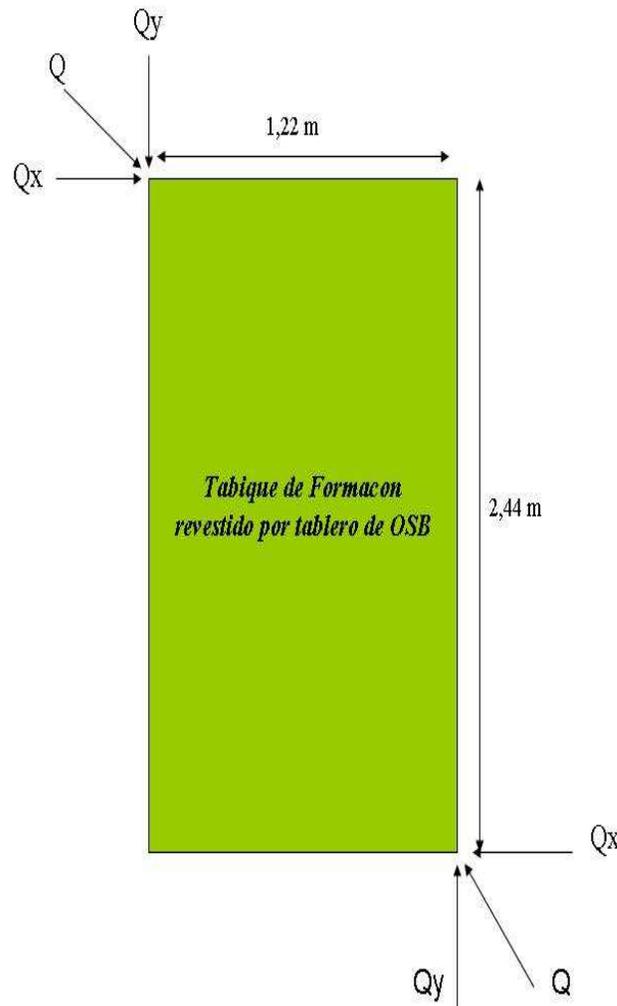


Figura 3.14 Esquema de la maquina de ensayo visto desde arriba

3.5 GRAFICOS Y RESULTADOS ENSAYO A COMPRESION DIAGONAL

A continuación se procede dar a conocer las tablas y gráficos que se obtuvieron durante los ensayos de compresión diagonal realizados a los tabiques.



w

Figura 3.15 Desglose de las carga aplicada en el ensayo de compresión diagonal

Las cargas máximas se chequearan de acuerdo a la Nch 433 Of. 96, en el que en el punto 5.9, cita que la máxima deformación permitida, debe ser la altura del muro multiplicada por 0,002.

Por lo tanto, la deformación máxima permitida será:

Deformación permitida $\rightarrow d = 0,002 * 2,4 \text{ m} = 0,002 * 2400 \text{ mm} = 4,8 \text{ mm}$, entonces:

Deformación permitida = 4,8 mm.

3.5.1 TABLAS Y GRAFICOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESION DIAGONAL DE LOS TABIQUES

Tabla 3.1: TABIQUE 1 (MONTANTES A 60 CM)

CARGA(Horizontal)	DEFORMACION(Horizontal)	OBSERVACIONES
KG	MM	
0	0	
156,96	1,30	
195,00	1,50	
233,04	1,70	
366,18	2,40	
366,18	2,40	
594,42	3,60	
860,70	5,00	(*)
1621,50	9,00	
2001,90	11,00	
2439,36	13,30	

(*)Corresponde a la máxima deformación permitida por la Nch 433 of 96

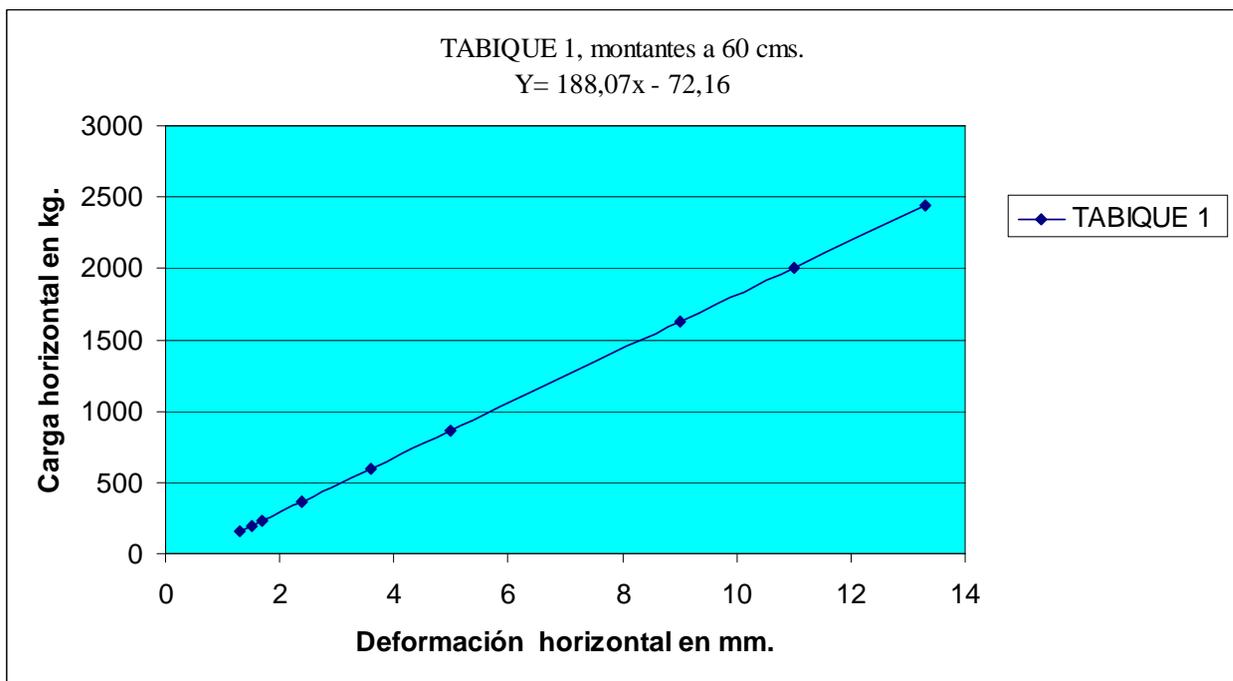


Figura 3.16 Gráfico Carga versus Desplazamiento para el tabique 1

Tabla 3.2: TABIQUE 2 (MONTANTES A 60 CM)

CARGA(Horizontal)	DEFORMACION(Horizontal)	OBSERVACIONES
KG	MM	
0	0	
134,60	1,20	
226,35	1,70	
226,35	1,70	
299,75	2,10	
299,75	2,10	
538,30	3,40	
666,75	4,10	
703,45	4,30	
776,85	4,70	(*)
978,70	5,80	
1969,60	11,20	
2391,65	13,50	

(*)Corresponde a la máxima deformación permitida por la Nch 433 of 96

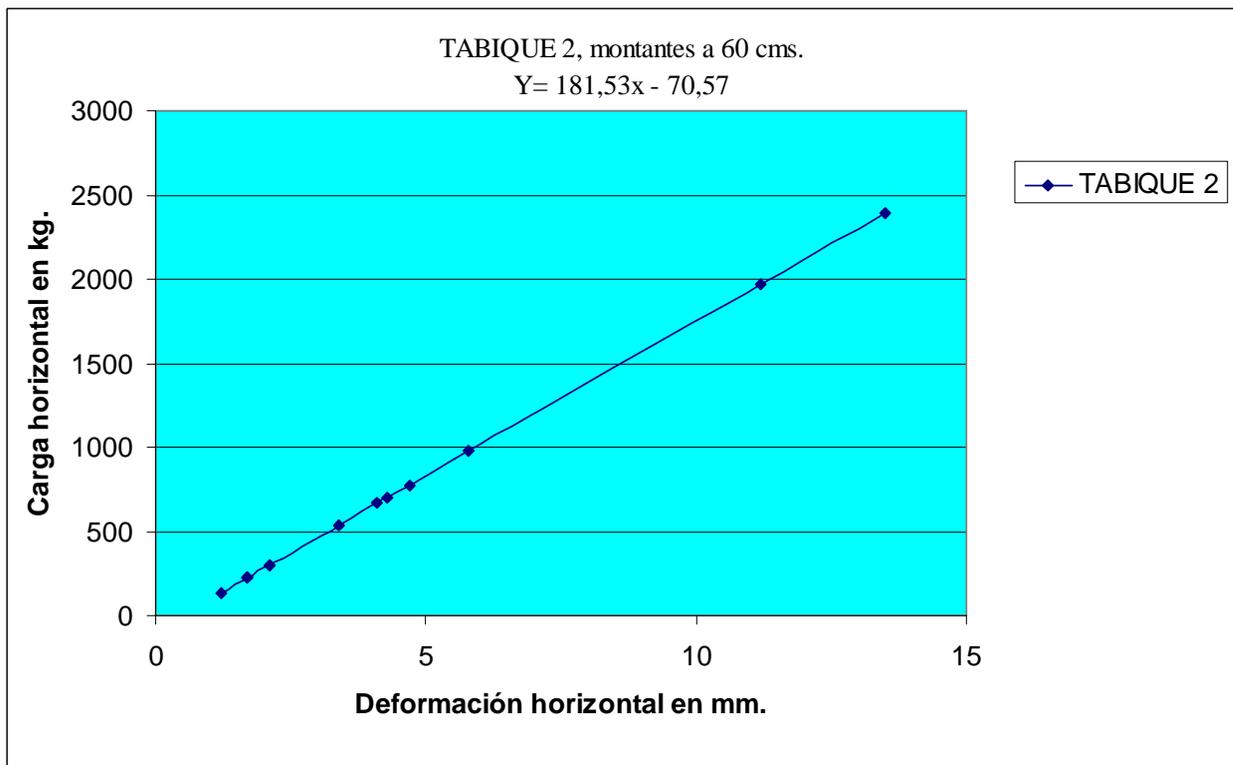


Figura 3.17 Gráfico Carga versus Desplazamiento para el tabique 2

Tabla 3.3: TABIQUE 3 (MONTANTES A 60 CMS)

CARGA(Horizontal)	DEFORMACION(Horizontal)	OBSERVACIONES
KG	MM	
0	0	
93,47	0,90	
152,36	1,20	
211,25	1,50	
368,29	2,30	
387,92	2,40	
721,63	4,10	
800,15	4,50	(*)
957,19	5,30	
1840,54	9,80	
2409,81	12,70	
2723,89	14,30	

(*)Corresponde a la máxima deformación permitida por la Nch 433 of 96

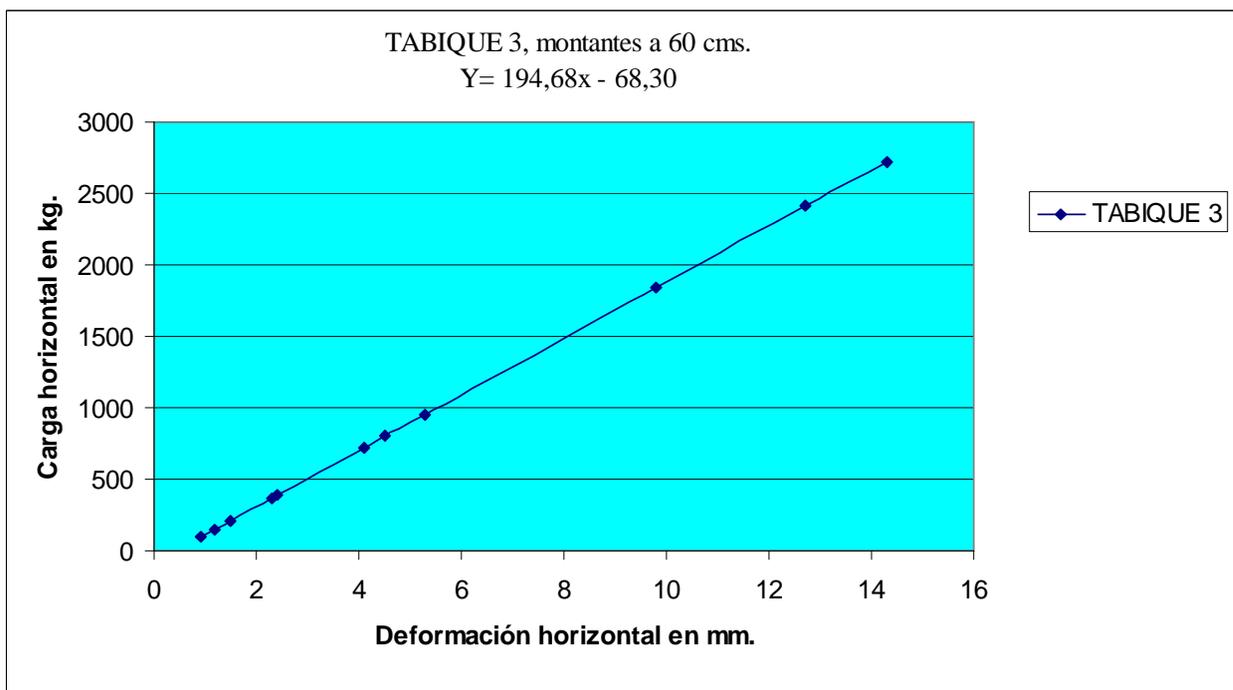


Figura 3.18 Gráfico Carga versus Desplazamiento para el tabique

Tabla 3.4: TABIQUE 4 (MONTANTES A 60 CMS)

CARGA(Horizontal)	DEFORMACION(Horizontal)	OBSERVACIONES
KG	MM	
0	0	
161,98	1,30	
199,70	1,50	
218,56	1,60	
331,72	2,20	
350,58	2,30	
576,90	3,50	
784,36	4,60	(*)
935,24	5,40	
1708,50	9,50	
2104,56	11,60	
2538,34	13,90	
2896,68	15,80	

(*)Corresponde a la máxima deformación permitida por la Nch 433 of 96

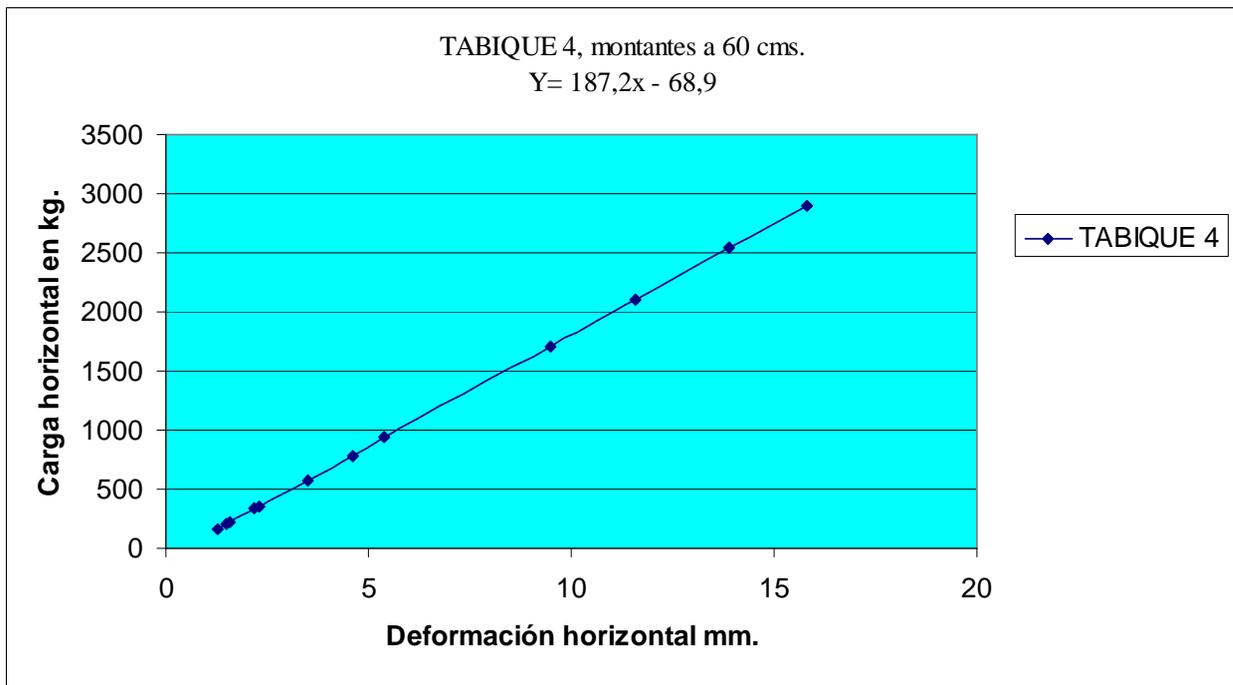


Figura 3.19 Gráfico Carga versus Desplazamiento para el tabique 4

Tabla 3.5: TABIQUE 5 (MONTANTES A 40 CMS)

CARGA(Horizontal)	DEFORMACION(Horizontal)	OBSERVACIONES
KG	MM	
0	0	
132,74	1,20	
152,91	1,30	
213,42	1,60	
273,93	1,90	
334,44	2,20	
556,31	3,30	
838,69	4,70	(*)
1242,09	6,70	
1544,64	8,20	
1806,85	9,50	
1968,21	10,30	
2169,91	11,30	
2775,01	14,30	

(*)Corresponde a la máxima deformación permitida por la Nch 433 of 96

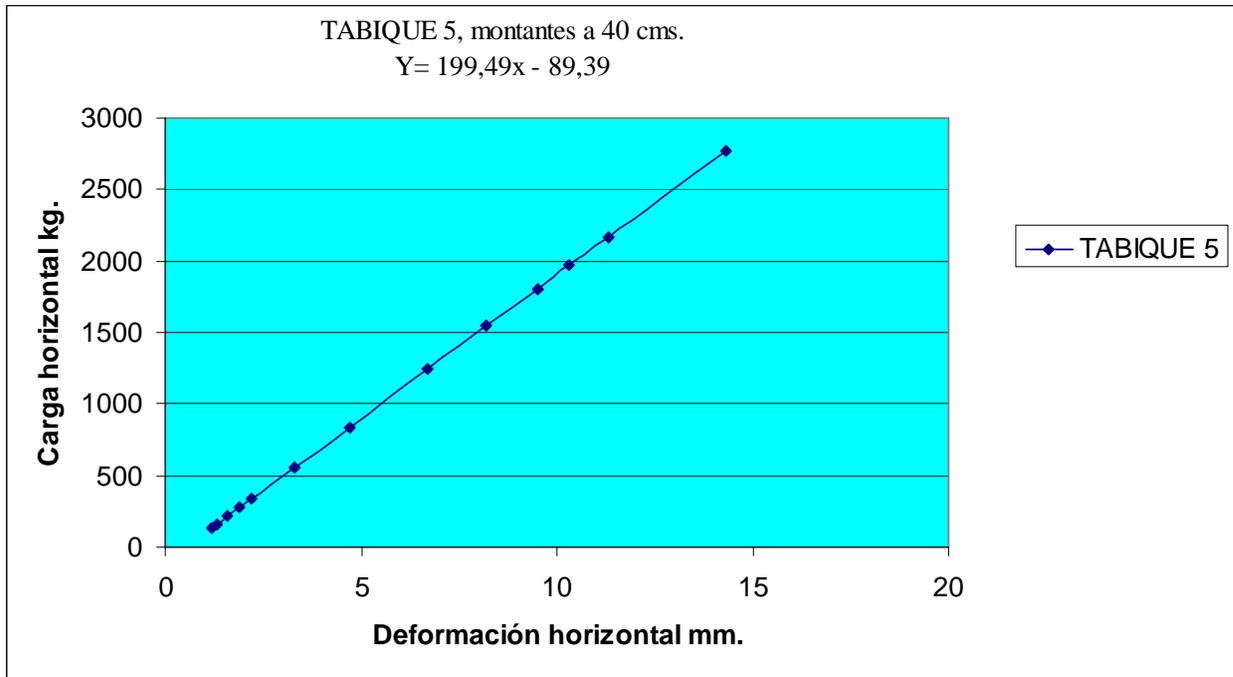


Figura 3.20 Gráfico Carga versus Desplazamiento para el tabique 5

Tabla 3.6: TABIQUE 6 (MONTANTES A 40 CMS)

CARGA(Horizontal)	DEFORMACION(Horizontal)	OBSERVACIONES
KG	MM	
0	0	
152,64	1,20	
195,28	1,40	
216,60	1,50	
344,52	2,10	
365,84	2,20	
472,44	2,70	
664,32	3,60	
920,16	4,80	(*)
1239,96	6,30	
1431,84	7,20	
1666,36	8,30	
2135,40	10,50	
2305,96	11,30	
2519,16	12,30	

(*)Corresponde a la máxima deformación permitida por la Nch 433 of 96

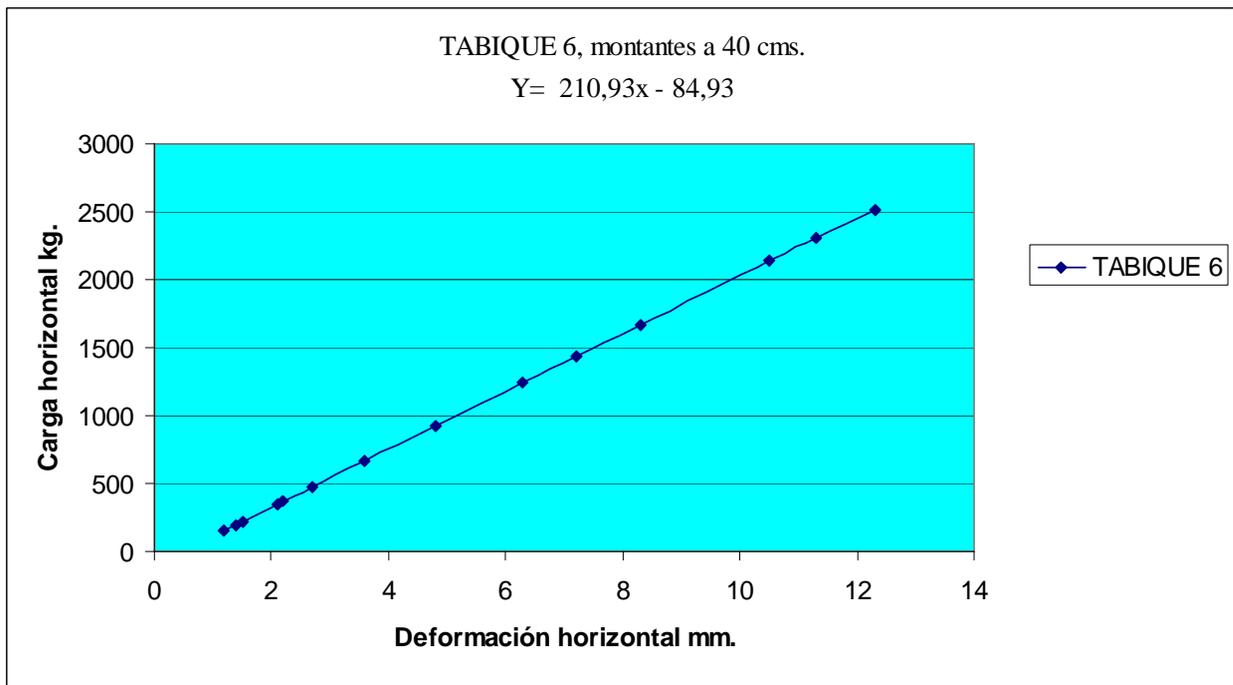


Figura 3.21 Gráfico Carga versus Desplazamiento para el tabique 6

Tabla 3.7: TABIQUE 7 (MONTANTES A 40 CMS)

CARGA(Horizontal)	DEFORMACION(Horizontal)	OBSERVACIONES
KG	MM	
0	0	
130,77	1,10	
172,71	1,30	
214,65	1,50	
340,47	2,10	
382,41	2,30	
424,35	2,50	
822,78	4,40	
927,63	4,90	(*)
1388,97	7,10	
1577,70	8,00	
1808,37	9,10	
2269,71	11,30	
2437,47	12,10	
2647,17	13,10	

(*)Corresponde a la máxima deformación permitida por la Nch 433 of 96

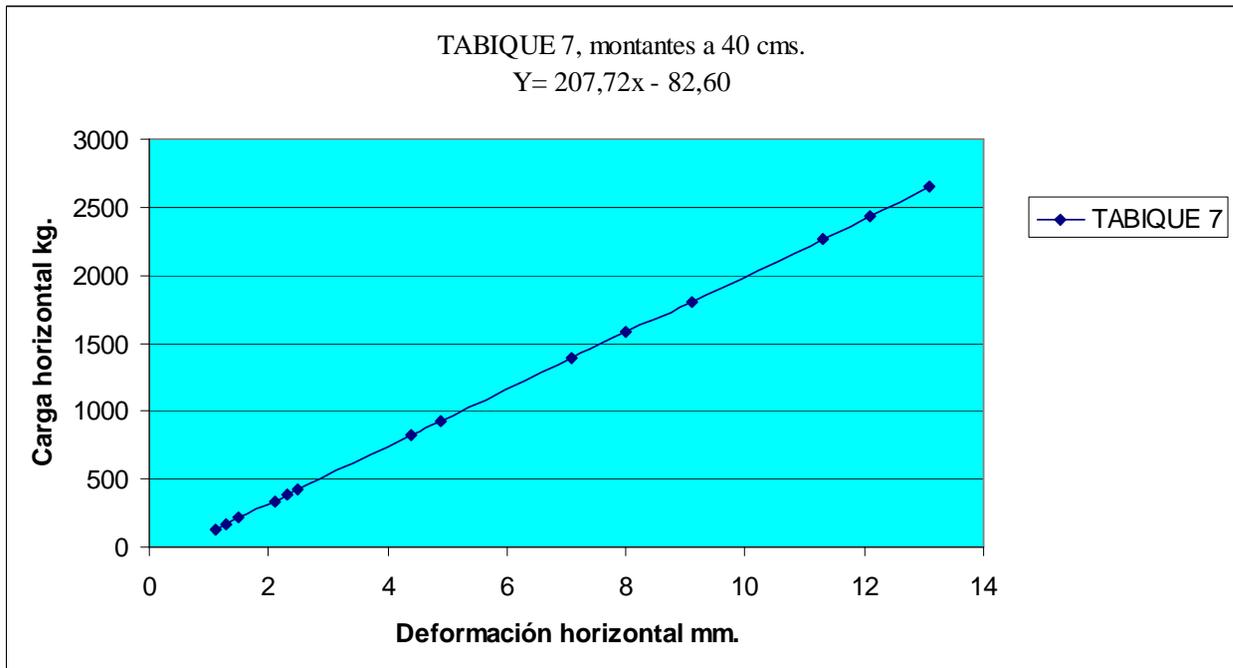


Figura 3.22 Gráfico Carga versus Desplazamiento para el tabique 7

Tabla 3.8: TABIQUE 8 (MONTANTES A 40 CMS)

CARGA(Horizontal)	DEFORMACION(Horizontal)	OBSERVACIONES
KG	MM	
0	0	
125,91	1,10	
191,04	1,40	
277,88	1,80	
343,01	2,10	
408,14	2,40	
494,98	2,80	
581,82	3,20	
885,76	4,60	(*)
1254,83	6,30	
1580,48	7,80	
1775,87	8,70	
2014,68	9,80	
2492,30	12,00	
2665,98	12,80	
2883,08	13,80	

(*)Corresponde a la máxima deformación permitida por la Nch 433 of 96

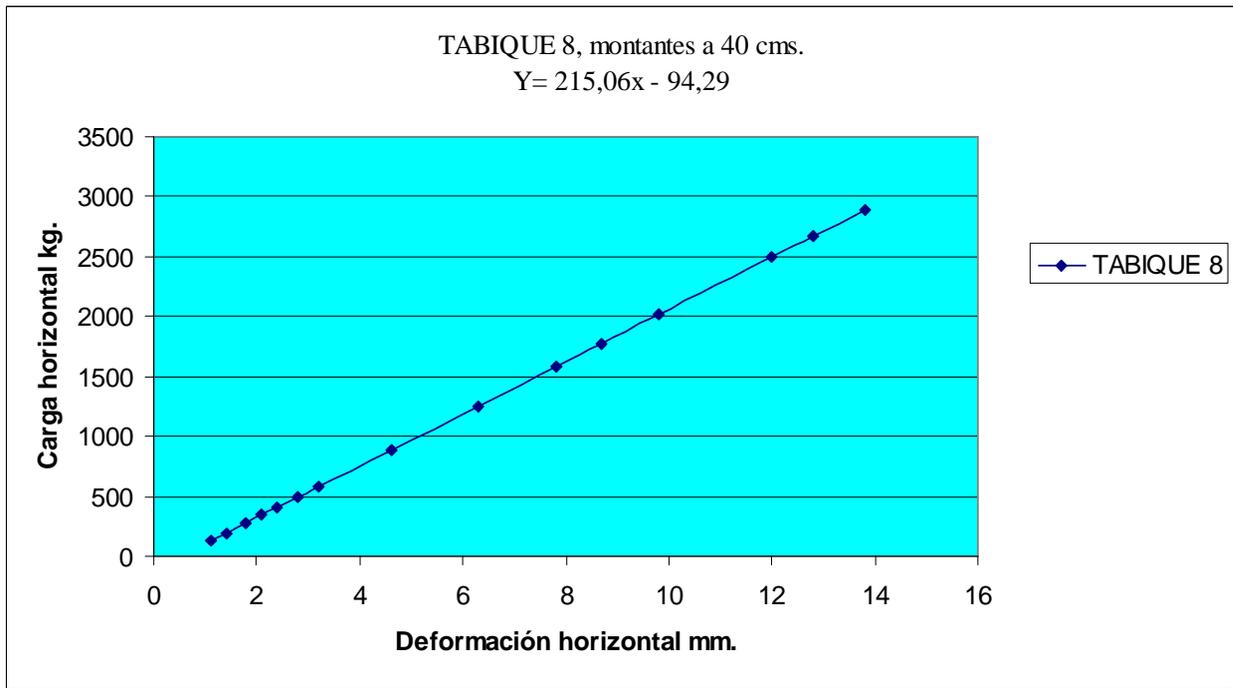


Figura 3.23 Gráfico Carga versus Desplazamiento para el tabique 8

CAPITULO IV

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 Generalidades

En este capítulo se muestra los resultados obtenidos durante los ensayos a compresión diagonal realizados a los tabiques, comparando los gráficos de esfuerzo/deformación entre estos. Los cuales nos ayudaran a comprender numéricamente el comportamiento de estos durante la aplicación de la carga.

4.1.1 Cargas Horizontales Máximas Aplicadas

- En la siguiente tabla se muestran los resultados de cuatro tabiques, en que los montantes van separados a 60 cm.

Tabla 4.1.1.a CARGAS HORIZONTALES MAXIMAS APLICADAS

Tabiques separados a 60 cm/ cargas máximas aplicadas Kg.				
	Tabique 1(Kg.)	Tabique 2(Kg.)	Tabique 3(Kg.)	Tabique 4(Kg.)
Kg.	860,7	776,85	800,15	784,36

En estos tabiques se observo una capacidad de carga similar para una deformación permisible según la Nch 433 Of. 96, carga que no corresponde a la rotura del tabique.

- En la siguiente tabla se muestran los resultados de cuatro tabiques, en que los montantes van separados a 40 cm.

Tabla 4.1.1.b. CARGAS HORIZONTALES MAXIMAS APLICADAS

Tabiques separados a 40 cm/ cargas máximas aplicadas Kg.				
	Tabique 5 (Kg.)	Tabique 6 (Kg.)	Tabique 7 (Kg.)	Tabique 8 (Kg.)
Kg.	838,69	920,16	927,63	885,76

4.1.2 Deformaciones Horizontales Máximas

En las tablas siguientes se muestran las deformaciones horizontales en el plano de los cuatro tabiques en que los montantes van separados a 60 cm., y cuatro tabiques en que los montantes van separados 40 cm.

Tabla 4.1.2.a DEFORMACIONES HORIZONTALES MAXIMAS

Tabiques separados a 60 cm/ deformaciones máximas en mm				
	Tabique 1(mm)	Tabique 2(mm)	Tabique 3(mm)	Tabique 4(mm)
mm	5	4,7	4,5	4,6

Tabla 4.1.2.b DEFORMACIONES HORIZONTALES MAXIMAS

Tabiques separados a 40 cm/ deformaciones máximas en mm.				
	Tabique 5(mm)	Tabique 6(mm)	Tabique 7(mm)	Tabique 8(mm)
mm	4,7	4,8	4,9	4,6

Como se explicó anteriormente, se observa una deformación similar en los 8 tabiques, ésta deformación corresponde a la máxima permitida según Nch 433 Of. 96.

También cabe destacar que cuando ocurre que es menor la separación de los montantes, la carga que resisten éstos tabiques es mayor, y cuando mayor es la distancia entres éstos, menor es la carga resistida por los tabiques.

4.1.3 Ecuaciones de cada tabique

A continuación se entregan las ecuaciones obtenidas de cada uno de los tabiques:

$$\text{Tabique 1} \longrightarrow y = 188,07x - 72,16$$

$$\text{Tabique 2} \longrightarrow y = 181,53x - 70,57$$

$$\text{Tabique 3} \longrightarrow y = 194,68x - 68,30$$

$$\text{Tabique 4} \longrightarrow y = 187,20x - 68,90$$

$$\text{Tabique 5} \longrightarrow y = 199,49x - 89,39$$

$$\text{Tabique 6} \longrightarrow y = 210,93x - 84,93$$

$$\text{Tabique 7} \longrightarrow y = 207,72x - 82,60$$

$$\text{Tabique 8} \longrightarrow y = 215,06x - 94,29$$

4.1.4 Determinación de las Rigidez para cada Panel

La rigidez de cada tabique fue obtenida luego de haber efectuado un ajuste lineal a cada curva del gráfico, la que arrojó como resultado la ecuación de una recta para cada caso, y que a continuación se señalan:

1. Ecuación Tabique N° 1 (*Montantes separados a 60 cm*)

$$Y = 188,07x - 72,16$$

Cálculo de la Constante K de Rigidez para en ensayo del Tabique N° 1

$$K = \frac{188,07x1}{1000}$$

$$K = 0,188 \text{ (Ton/cm)}$$

2. Ecuación Tabique N° 2 (*Montantes separados a 60 cm*)

$$Y = 181,53x - 70,57$$

Cálculo de la Constante K de Rigidez para en ensayo del Tabique N° 2

$$K = \frac{181,53x1}{1000}$$

$$K = 0,181 \text{ (Ton/cm)}$$

3. Ecuación Tabique N° 3 (*Montantes separados a 60 cm*)

$$Y = 194,68x - 68,30$$

Cálculo de la Constante K de Rigidez para en ensayo del Tabique N° 3

$$K = \frac{194,68x1}{1000}$$

$$K = 0,194 \text{ (Ton/cm)}$$

4. Ecuación Tabique N° 4 (*Montantes separados a 60 cm*)

$$Y = 187,2x - 68,90$$

Cálculo de la Constante K de Rigidez para en ensayo del Tabique N° 4

$$K = \frac{187,2x1}{1000}$$

$$K = 0,187 \text{ (Ton/cm)}$$

5. Ecuación Tabique N° 5 (*Montantes separados a 40 cm*)

$$Y = 199,49x - 89,39$$

Cálculo de la Constante K de Rigidez para en ensayo del Tabique N° 5

$$K = \frac{199,49x1}{1000}$$

$$K = 0,199 \text{ (Ton/cm)}$$

6. Ecuación Tabique N° 6 (*Montantes separados a 40 cm*)

$$Y = 210,93x - 84,93$$

Cálculo de la Constante K de Rigidez para en ensayo del Tabique N° 6

$$K = \frac{210,93x1}{1000}$$

$$K = 0,210 \text{ (Ton/cm)}$$

7. Ecuación Tabique N° 7 (*Montantes separados a 40 cm*)

$$Y = 207,72x - 82,60$$

Cálculo de la Constante K de Rigidez para en ensayo del Tabique N° 7

$$K = \frac{207,72x1}{1000}$$

$$K = 0,207 \text{ (Ton/cm)}$$

8. Ecuación Tabique N° 8 (*Montantes separados a 40 cm*)

$$Y = 215,06x - 94,29$$

Cálculo de la Constante K de Rigidez para en ensayo del Tabique N° 8

$$K = \frac{215,06x1}{1000}$$

$$K = 0,215 \text{ (Ton/cm)}$$

4.1.5 Análisis Estadístico

4.1.5.1 Regresión Lineal Simple

En muchos problemas existe una relación inherente entre dos o más variables, resulta necesario explorar la naturaleza de esta relación. El análisis de regresión es una técnica estadística para el modelado y la investigación de la relación entre dos o más variables.

La regresión lineal se utiliza cuando se cuenta con un conjunto de pares ordenados y se pretende obtener la ecuación de una recta que mejor se ajuste a esos puntos. Generalmente esta función que se obtiene se puede utilizar para estimar ciertos valores desconocidos. A continuación se explicará como obtener la ecuación de la recta de regresión, a través de mínimos cuadrados.

Mínimos cuadrados es una técnica de análisis numérico encuadrada dentro de la optimización matemática, en la que, dados un conjunto de pares (o ternas, etc.), se intenta encontrar la función que mejor se aproxime a los datos (un "mejor ajuste"), de acuerdo con el criterio de mínimo error cuadrático.

En su forma más simple, intenta minimizar la suma de cuadrados de las diferencias ordenadas (llamadas residuos) entre los puntos generados por la función y los correspondientes en los datos.

En las tablas del Anexo C se muestra los cálculos realizados que serán utilizados para la determinación de los valores estadísticos que se detallan a continuación:

- Recta de Mínimos Cuadrados (para montantes a 60 cm, N=32)

Existen numerosas leyes físicas en las que se sabe de antemano que dos magnitudes x e y se relacionan a través de una ecuación lineal:

$$Y = a + bx$$

El método de mínimos cuadrados determina los valores de los parámetros a y b de la recta que mejor se ajusta a los datos experimentales. Sin detallar el procedimiento, se dará aquí simplemente el resultado:

$a = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum x \sum xy}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}$, al reemplazar los valores obtenidos anteriormente se tiene:

$$a = \frac{32470,54 \cdot 1732,1 - 185,6 \cdot 311935,36}{32 \cdot 1732,1 - 34447,36}$$

$$a = -78,79$$

$$b = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{32 \cdot 311935,358 - 185,6 \cdot 32470,54}{32 \cdot 1732,1 - 34447,36}$$

$$b = 188,53$$

$$\boxed{\rightarrow Y^* = 188,53x - 78,79}, \text{ Ecuación de la Recta usando Mínimos Cuadrados}$$

- Error Estándar de la Estimación

Mide la dispersión de los datos respecto a la línea ajustada en la dirección Y, se indica con $S_{y,x}$, y se determina por:

$$S_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum y^2 - a \sum y - b \sum xy}{N - 2}}$$

$$S_{y,x} = \sqrt{\frac{56291120,33 + (78,79 \cdot 32470) - (188,53 \cdot 311935,36)}{32 - 2}}$$

$$S_{y,x} = 36,651$$

$$S_{y,x} = 36,651kg$$

- Correlación

La correlación indica la fuerza de una relación lineal entre dos variables aleatorias. Se considera que dos variables cuantitativas están correlacionadas cuando los valores de una de ellas varían sistemáticamente con respecto a los valores homónimos de la otra: si tenemos dos variables (A y B) existe correlación positiva si al aumentar los valores de A lo hacen también los de B.

Existen dos medidas que permiten describir la correlación entre dos variables: el coeficiente de determinación y el coeficiente de correlación.

a) Coeficiente de Determinación

$$r^2 = \frac{a \sum y + b \sum xy - N(y_{prom})^2}{\sum y^2 - N(y_{prom})^2}$$

$$r^2 = \frac{(-78,79 \cdot 32470,54) + (188,53 \cdot 311935,358) - (32 \cdot 1014,704^2)}{56291120,33 - (32 \cdot 1014,704^2)}$$

$r^2 = 0,998 \rightarrow$ Indica una fuerte correlación entre la variable y (carga) versus la variable x (deformación).

b) Coeficiente de Correlación

$$r = \sqrt{r^2}$$

$r = 0,998 \rightarrow$ Indica relación directa entre la carga y la deformación, es por eso que r se encuentra entre 0 y 1.

- Recta de Mínimos Cuadrados (para montantes a 40 cm, N=39)

$$a = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum x \sum xy}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}, \text{ al reemplazar los valores se tiene:}$$

$$a = \frac{(42856,47 \cdot 1914,91) - (223,1 \cdot 378016,019)}{(39 \cdot 1914,91) - 223,1^2}$$

$$a = -91,1$$

$$b = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{(39 \cdot 378016,019) - (223,1 \cdot 42856,47)}{(39 \cdot 1914,91) - 223,1^2}$$

$$b = 208,02$$

$$\rightarrow Y^* = 208,02x - 91,1, \text{ Ecuación de la Recta usando Mínimos Cuadrados}$$

- Error Estándar de la Estimación

$$S_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum y^2 - a \sum y - b \sum xy}{N - 2}}$$

$$S_{y,x} = \sqrt{\frac{74798058,2 + (91,1 \cdot 42856,47) - (208,02 \cdot 378016,019)}{39 - 2}}$$

$$S_{y,x} = 42,67$$

$$S_{y,x} = 42,67 \text{ kg}$$

- Correlación

- a) Coeficiente de Determinación

$$r^2 = \frac{a \sum y + b \sum xy - N(y_{prom})^2}{\sum y^2 - N(y_{prom})^2}$$

$$r^2 = \frac{(-91,1 \cdot 42856,47) + (208,02 \cdot 378016,019) - (39 \cdot 1098,88^2)}{74798058,2 - (39 \cdot 1098,88^2)}$$

$r^2 = 0,997 \rightarrow$ Indica relación directa entre la carga y la deformación, es por eso que r se encuentra entre 0 y 1.

b) Coeficiente de Correlación

$$r = \sqrt{r^2}$$

$r = 0,998 \rightarrow$ Indica relación directa entre la carga y la deformación, es por eso que r se encuentra entre 0 y 1.

- Intervalos de confianza

En este punto se emplearan las propiedades obtenidas anteriormente para llevar a cabo un análisis de regresión, es decir, se desarrollara intervalos de confianza para las cantidades de interés en este modelo.

Se considerará la estimación por intervalo de la media de Y_p , para x_p . Se debe recordar que bajo el caso de la teoría normal, el estimador $Y_p = a + bx$ tiene una distribución normal con media $E(Y_p)$, estimador de desviación estándar definida por $s(Y_p)$, y la distribución de muestreo $[Y_p - E(Y_p)]/s(Y_p)$ es la t de Student con $n-2$ grados de libertad. Entonces la probabilidad del intervalo aleatorio

$$Y_p - t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-2} s(Y_p) < E(Y_p) < Y_p + t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-2} s(Y_p)$$

es $1 - \alpha$, y un intervalo de confianza del $100(1 - \alpha)\%$ para $E(Y_p)$ es

$$Y_p \pm t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-2} s(Y_p)$$

\rightarrow Para Montantes separados a 60 cm

Para nuestro caso se quiere construir un intervalo de confianza del 95% para la media de Y_p en

$x_p = 4,8\text{cm}$; el valor estimado es:

$$Y_p = 188,53x - 78,79$$

$$Y_p = 188,53 \cdot 4,8 - 78,79$$

$$Y_p = 826,154\text{Kg}$$

Y la desviación estándar estimada es

$$s(Y_p) = s \left(\frac{1}{n} + \frac{(x_p - x_{prom})^2}{\sum (x_i - x_{prom})^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$s(Y_p) = 36,651 \left(\frac{1}{32} + \frac{(4,8 - 5,8)^2}{655,64} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$s(Y_p) = 6,635kg$$

Dado que $t_{0,975,32} = 2,042$, en un intervalo de confianza del 95% para $E(Y_p)$ es

$$826,154 \pm 2,042 \cdot 6,635 = 826,154 \pm 13,55$$

→ (812,60kg;839,70kg)

El intervalo anterior nos dice que una deformación igual a 4, 8 m se encontrará con un nivel de confianza del 95% entre las cargas indicadas.

Al seguir este procedimiento, se pueden obtener intervalos de confianza del 95% para $E(Y_p)$ para distintos valores de la variable de predicción.

→ **Para Montantes separados a 40 cm**

$x_p = 4,8cm$, el valor estimado es:

$$Y_p = 208,02x - 91,1$$

$$Y_p = 208,02 \cdot 4,8 - 91,1$$

$$Y_p = 907,396Kg$$

y la desviación estándar estimada es

$$s(Y_p) = s \left(\frac{1}{n} + \frac{(x_p - x_{prom})^2}{\sum (x_i - x_{prom})^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$s(Y_p) = 42,67 \left(\frac{1}{39} + \frac{(4,8 - 5,72)^2}{638,66} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$s(Y_p) = 7kg$$

Dado que $t_{0,975,37} = 2,0262$, en un intervalo de confianza del 95% para $E(Y_p)$ es

$$907,396 \pm 2,0262 \cdot 7 = 907,396 \pm 14,183$$

→ (893,213kg;921,579kg)

El intervalo anterior nos dice que una deformación igual a 4, 8 mm se encontrará con un nivel de confianza del 95% entre las cargas indicadas.

Al seguir este procedimiento, se pueden obtener intervalos de confianza del 95% para $E(Y_p)$ para distintos valores de la variable de predicción.

CAPITULO V

COMPARACION DE RESISTENCIA Y COSTO QUE TIENE UN PANEL TRADICIONAL DE MADERA REVESTIDO CON OSB, PANEL DE FORMACON REVESTIDO EN AMBAS CARAS CON OSB Y UN PANEL COVINTEC

5.1 Panel Tradicional de Madera Revestido en ambas caras con tableros de OSB

El tabique de madera esta compuesto por piezas de madera de pino seco bruto de 2x3". Los pié derecho están ubicados a 60 cm de separación, las cadenetas a 57,5 cm. Está unido en todas sus piezas por clavos corrientes de 4". Y para el revestimiento se utiliza clavos de 1 ½" los que son espaciados a cada 40 cm. El tabique es revestido por planchas de OSB.

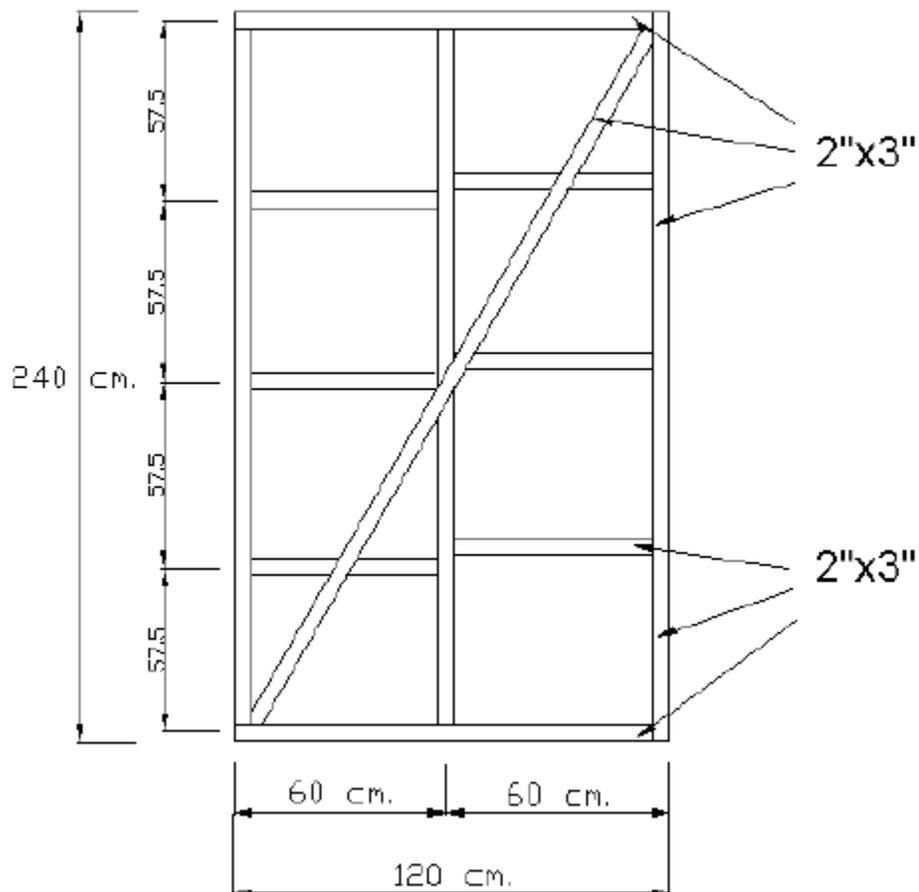


Figura 5.1 Confección de Tabique de Madera

Tabla 5.1: Panel Tradicional de Madera Revestido con OSB

Especificaciones	Unidad	Cantidad	\$Unitario	\$Total
ITEM				
Pino 2"x3" Bruto Seco	Pieza	9	1289	\$ 11.601
Panel OSB e=11,1 mm	Unidad	2	7558	\$ 15.116
Clavos 4"	Kg.	0,5	1390	\$ 695
Mano de obra				
Carpintero	D/S	0,3	12400	\$ 3.720
			TOTAL	\$ 31.132

Carga máxima: 600 Kg. → 491,8 Kg./m

Deformación máxima: 4 mm

K: 0,21 Ton/cm

5.2 Panel Estructural de Perfil de Acero Galvanizado de Bajo Espesor , Revestido con placas de OSB

El tabique de formaron es confeccionado con perfiles estructurales Tipo U para soleras cuyas medidas son 62x25x0,85 mm y para montantes, perfiles estructurales Tipo C donde las medidas son 60x38xx0,85 mm, esta estructura es unida a través de tornillos de 3/8" y 1 1/2". Este tabique es revestido con planchas de OSB.



Figura 5.2 Panel de Formacon

Tabla 5.2: Panel de Forma con Revestido con Tableros de OSB

Especificaciones	Unidad	Cantidad	\$Unitario	\$Total
ITEM				
Perfil Tipo U (solera)	Unidad	1	4623	\$ 4.623
Perfil Tipo C (montante)	Unidad	5	4436	\$ 22.180
Panel OSB e=11,1 mm	Unidad	2	7558	\$ 15.116
Tornillos autotaladrantes 3/8"	Unidad	30	16	\$ 480
Tornillos autotaladrantes 1 1/2"	Unidad	60	18	\$ 1.080
<i>Mano de obra</i>				
Carpintero	D/S	0,15	12400	\$ 1.860
			TOTAL	\$ 45.339

Carga máxima: 920,16 Kg. → 754,3 Kg./m

Deformación máxima: 4,9 mm

K: 0,21 Ton/cm

5.3 Panel COVINTEC

Este sistema consiste en paneles de 1,22x2,44 m., estos están fabricados con alambres de acero galvanizado que forman una estructura tridimensional electrosoldada y en esta aloja tiras de poliestireno expandido en el medio. El tiempo de construcción se reduce hasta un 50% y el costo de la obra se reduce considerablemente.

Los siguientes datos están dados a través del informe de laboratorio de IDIEM. Informe de certificado N° 233.819

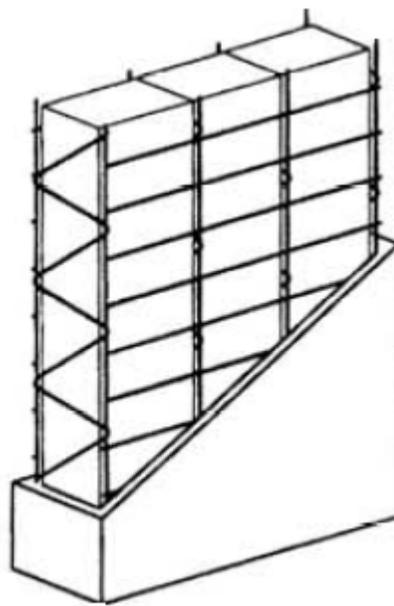


Figura 5.3 Panel COVINTEC

Su valor comercial por panel es de **\$33.244**

Largo: 2,44 mt

Ancho: 1,22 mt

Espesor: 54 mm

Malla ACMA de diámetro de 2mm

Deformación máxima: 240 Kg./m

: 292,8 Kg.

CAPITULO VI

MODELACION DE PANELES ESTRUCTURALES CONFORMADOS DE PERFILES DE ACERO GALVANIZADO DE BAJO ESPESOR REVESTIDOS POR TABLEROS DE OSB DE 11,1 MM DE ESPESOR A TRAVES DEL SOFTWARE SAP2000

6.1 INTRODUCCION

Hoy en día el avance de la computación y la tecnología tienen asombrados al mundo entero, entregándonos herramientas, programaciones y software de última tecnología.

La ingeniería no se queda atrás con nuevos programas computacionales, donde encontramos el SAP2000, ETABS, AWIN, RAM Advanse, entre otros, los que están diseñados para realizar modelaciones estructurales de todo tipo, de manera rápida, eficiente y con resultados exactos que nos entregan confiabilidad.

Se utilizará en este estudio, el programa SAP2000 para modelar paneles estructurales conformados de perfiles de acero galvanizado de bajo espesor revestidos por tableros estructurales OSB de 11,1 mm de espesor.

Se someterá la estructura a la sollicitación máxima obtenida en laboratorio, logrando resultados de deformación que servirán de parámetros comparativos con los obtenidos por los paneles en el laboratorio LEMCO.

Es muy importante señalar que en este capítulo se modelarán paneles, donde estos tendrán las mismas características estructurales utilizadas en los ensayos de paneles en el laboratorio, es decir, con la misma sección y características físicas.

Se modelaran 3 tabiques de acero galvanizado de bajo espesor cuyas medidas serán de 1.22 x 2.44 mt. medido desde los exteriores del muro, los que serán revestidos por placas de OSB de 11, 1 mm de espesor en ambas caras. Un tabique tendrá una separación de montantes de 1,22 mt., el segundo la separación de montantes será de 0,61 mt., mientras que el tercero tendrá una separación entre montantes de 0,40 mt.

El tabique de Formacon será confeccionado con perfiles estructurales Tipo U para solera cuyas medidas son 62x25x0,85 mm, y para montantes perfiles estructurales Tipo C en que las medidas son 60x38x0,85 mm.

6.2 SOFTWARE SAP2000

El programa SAP2000 es uno de los software líder en la ingeniería estructural. Se puede analizar cualquier tipo de estructuras con este programa, e incluso diseñar elemento por elemento.

Se trata de un excelente programa de cálculo estructural en tres dimensiones mediante elementos finitos, para análisis estático y dinámico lineal y no lineal. Es el descendiente directo de la familia SAP90, muy conocida hace algunos años. En este caso, el programa está totalmente renovado. Tal vez lo más visible sea su nueva interfaz, totalmente integrada en Windows y realmente sencilla de utilizar.

Mediante SAP2000 es posible modelar complejas geometrías, definir diversos estados de carga, generar pesos propios automáticamente, asignar secciones, materiales, así como realizar cálculos estructurales de hormigón y acero, además de poder crear cualquier tipo de material.

6.3 Caso N° 1:

El primer modelo de panel estructural conformado de perfiles de acero galvanizado de bajo espesor revestidos por tableros estructurales OSB de 11,1 mm de espesor, se utilizaran dos soleras de perfil U 62x25x0,85 mm., y dos montantes de perfil C 60x38x0,85 mm, y la carga diagonal aplicada en una de las esquinas, tal como fue aplicada en laboratorio será de 1041,1 Kg con la cual se logro una deformación de 4,8 mm, que corresponde a la máxima deformación permita por la norma Nch 433 Of. 96)

A continuación se muestran las etapas del modelo en SAP2000

- En la siguiente figura se muestra el primer modelo en el que se muestra la distribución de fuerza utilizada y que fue descompuesta en vertical y horizontal, con dos soleras y dos montantes, con una discretización en 4 paneles.

Carga horizontal= 927,63 Kg.

Carga vertical= 472,65 Kg.

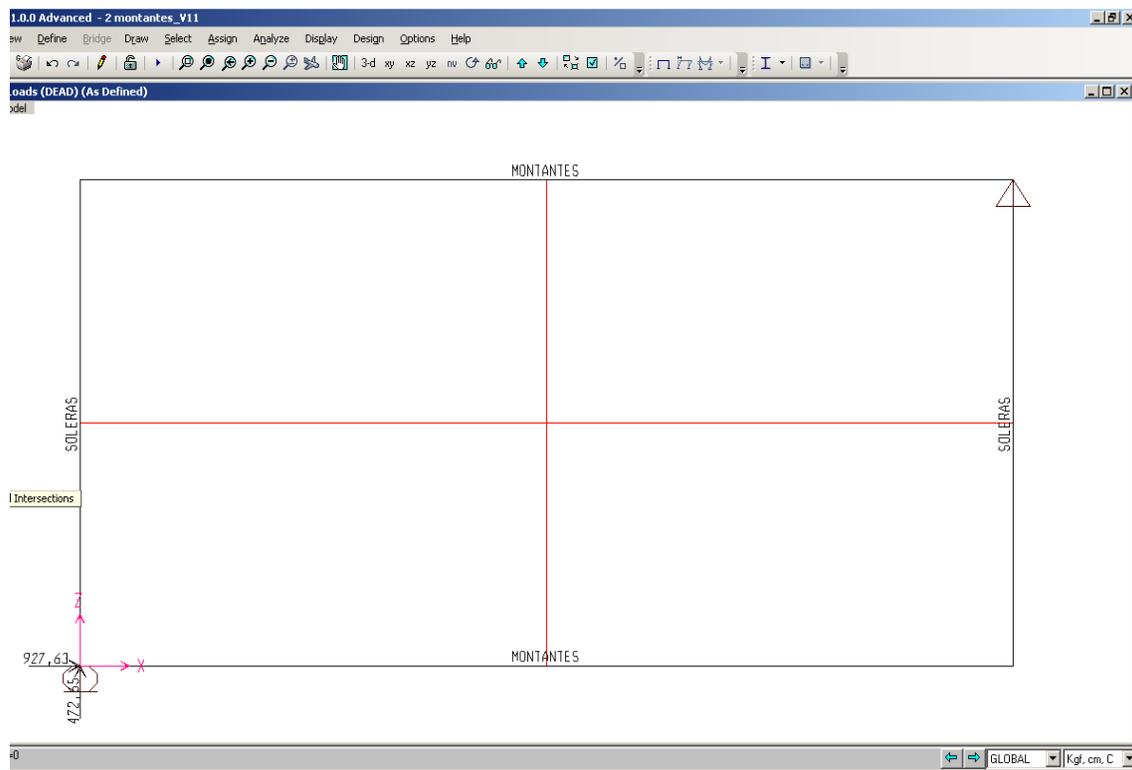


Figura 6.1 Distribución de fuerzas en caso 1

- En la Figura siguiente se muestra las deformaciones arrojadas por SAP 200 en el punto inferior izquierdo, justo donde se aplica la fuerza diagonal.

$$U_x = 4,65 \text{ mm}$$

$$U_z = 0 \text{ mm}$$

$$U_y = 0 \text{ mm}$$

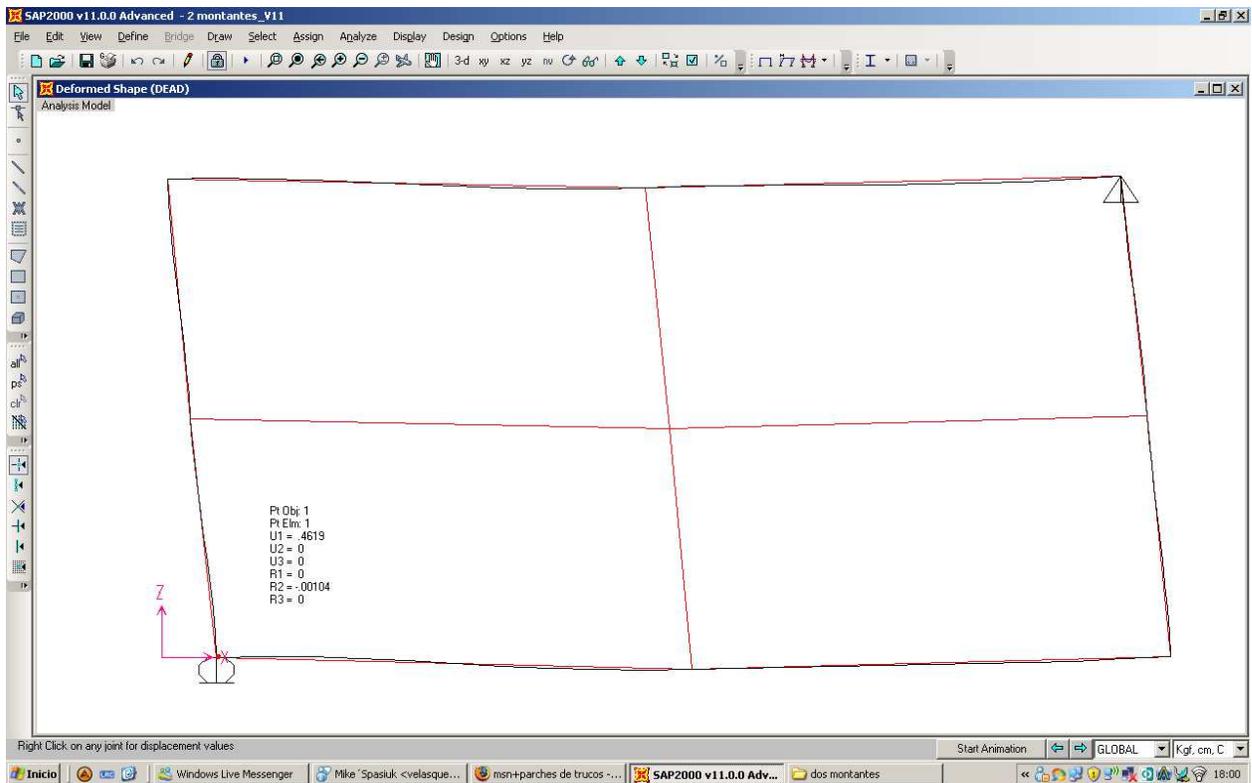


Figura 6.2 Deformación del modelo en el punto de aplicación de la carga diagonal

- En la siguiente figura se muestra las deformaciones arrojadas por el programa SAP2000 en el punto superior a la fuerza aplicada. Estas deformaciones obtenidas son las siguientes:

$$U_x = 0,226 \text{ mm}$$

$$U_y = 0,056 \text{ mm}$$

$$U_z = 0 \text{ mm}$$

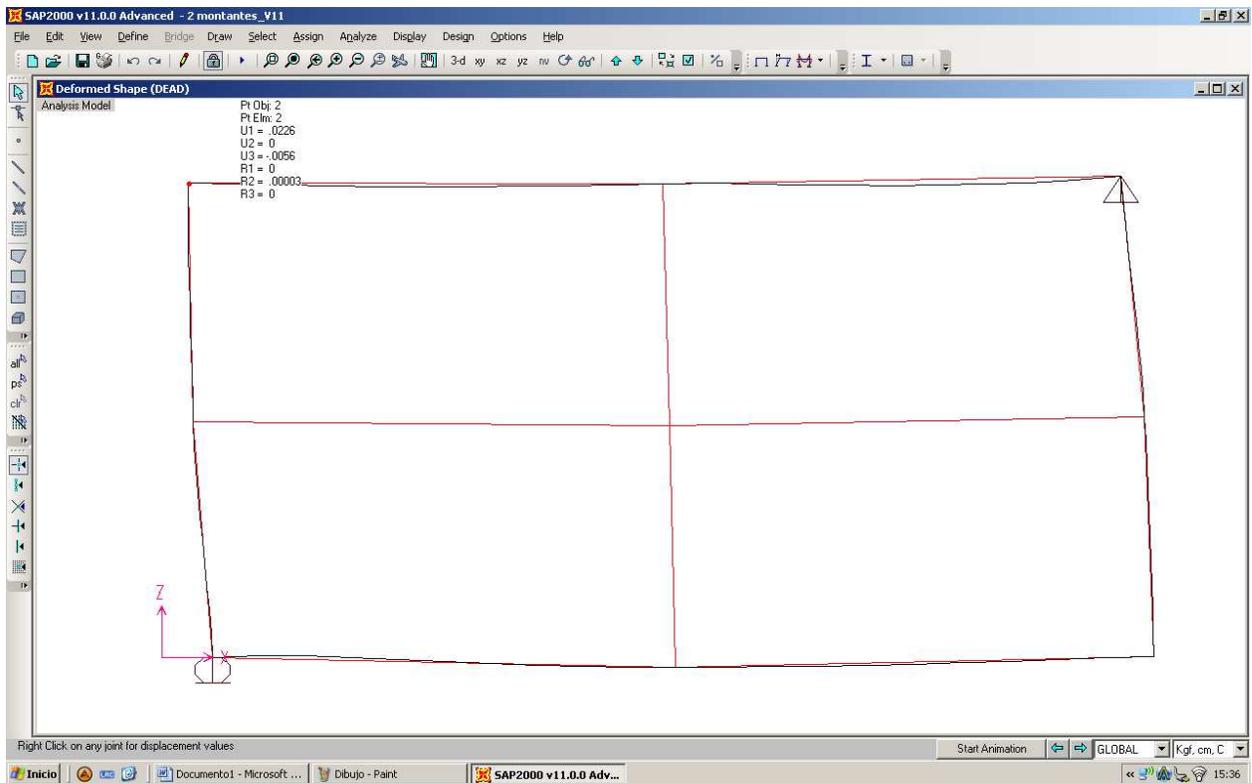


Figura 6.3 Deformación del modelo en el punto superior izquierdo

- En la figura se muestra las deformaciones arrojadas por SAP2000 en el punto de abajo de este panel.

$$U_x = 0,277 \text{ mm}$$

$$U_z = 0 \text{ mm}$$

$$U_y = 0,003 \text{ mm}$$

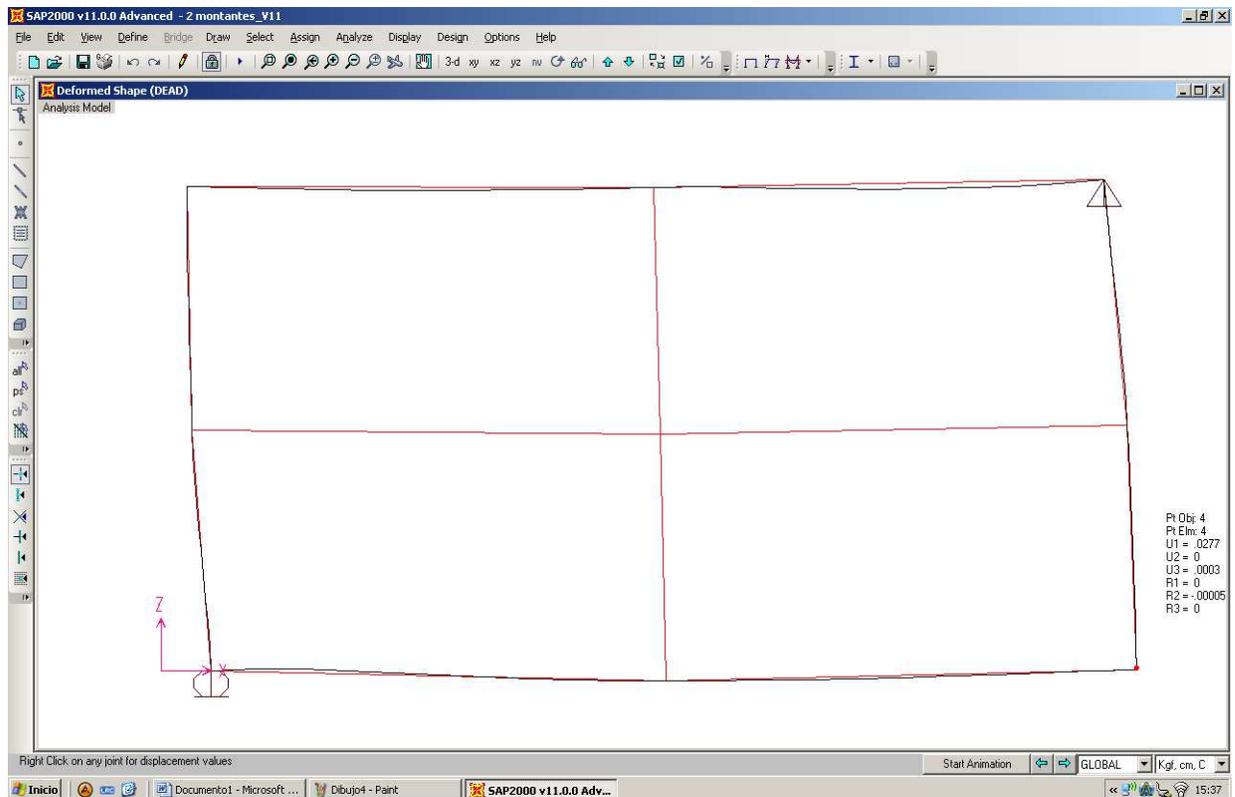


Figura 6.4 Deformación del modelo en el punto inferior derecho

- En la figura se muestra las deformaciones arrojadas por SAP2000 en el punto de central de este panel.

$$U_x = 0,24 \text{ mm}$$

$$U_z = 0 \text{ mm}$$

$$U_y = -0,07 \text{ mm}$$

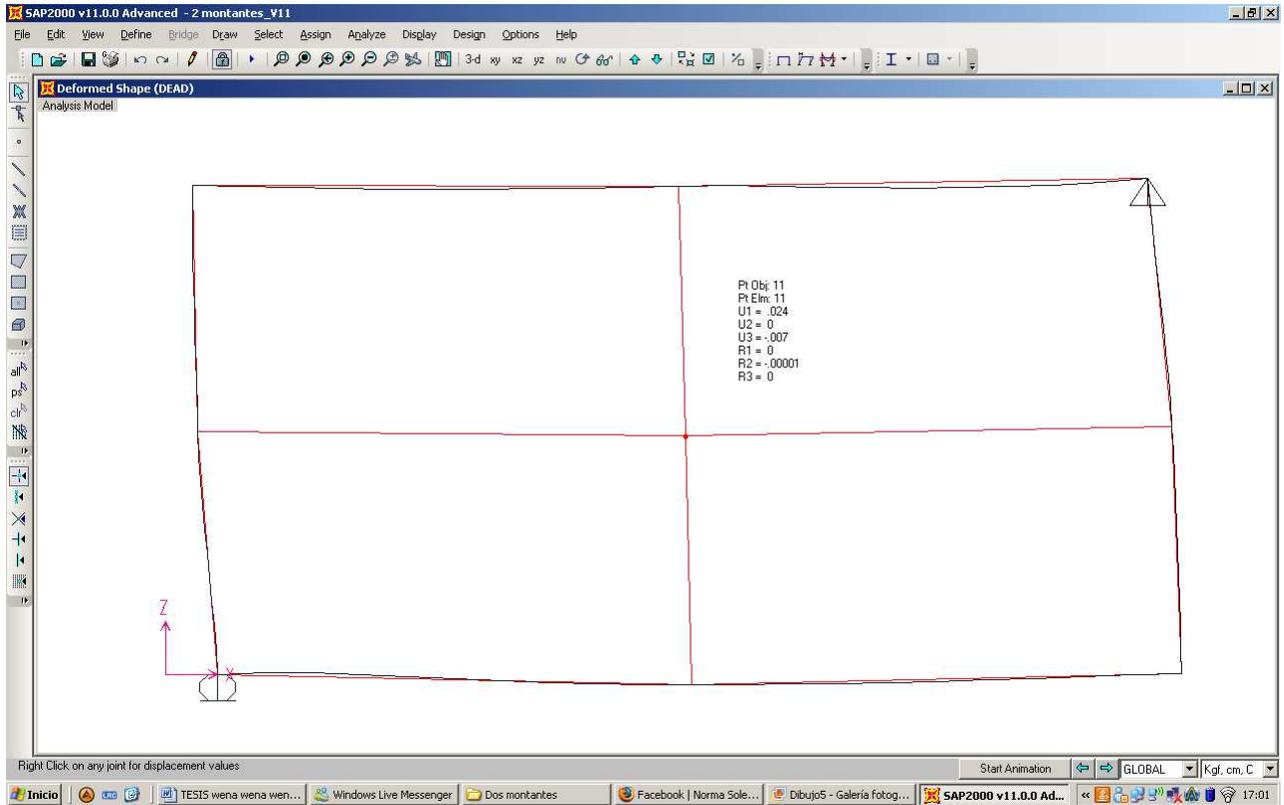


Figura 6.5 Deformación del modelo en el punto central

- A continuación se mostrara la modelación de la deformada arrojada por el SAP2000, de este panel.

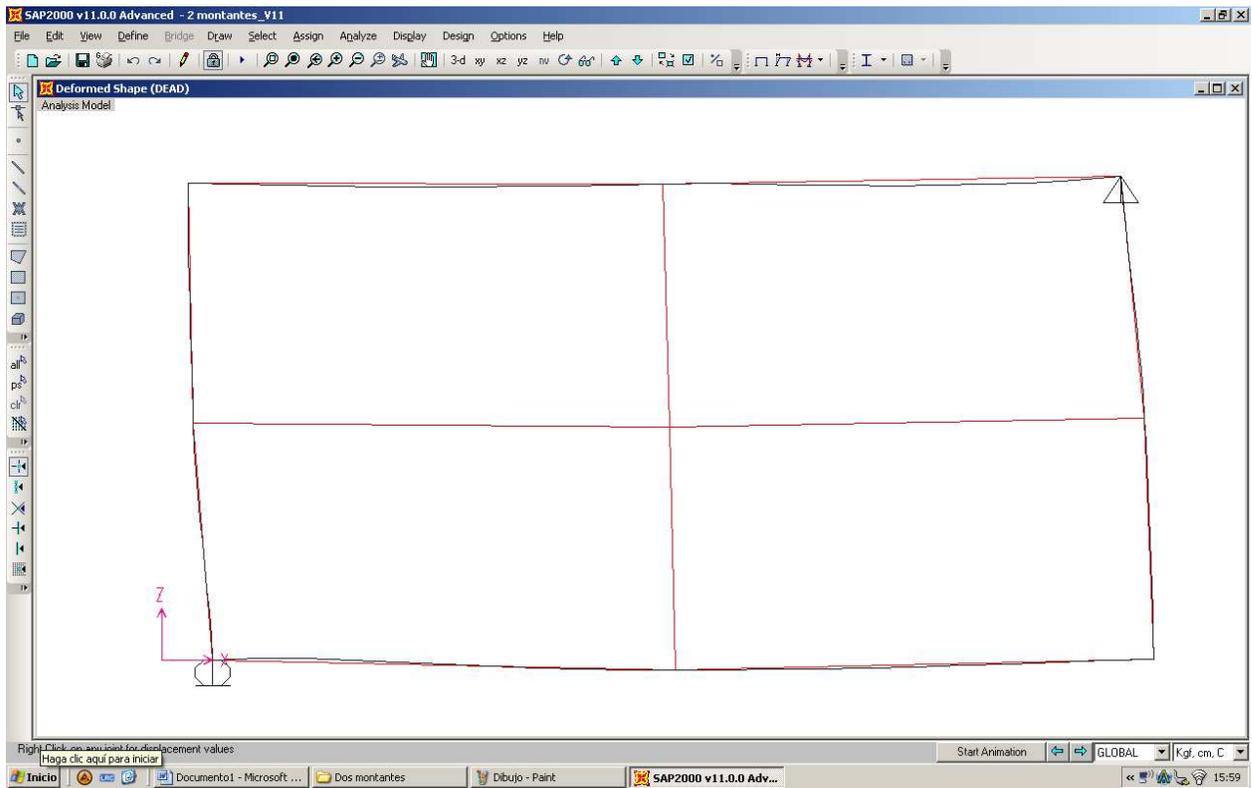


Figura 6.6 Deformada del modelo inicial

- En la siguiente figura se muestra la concentración de tensiones a cortante que arrojo el programa SAP 2000

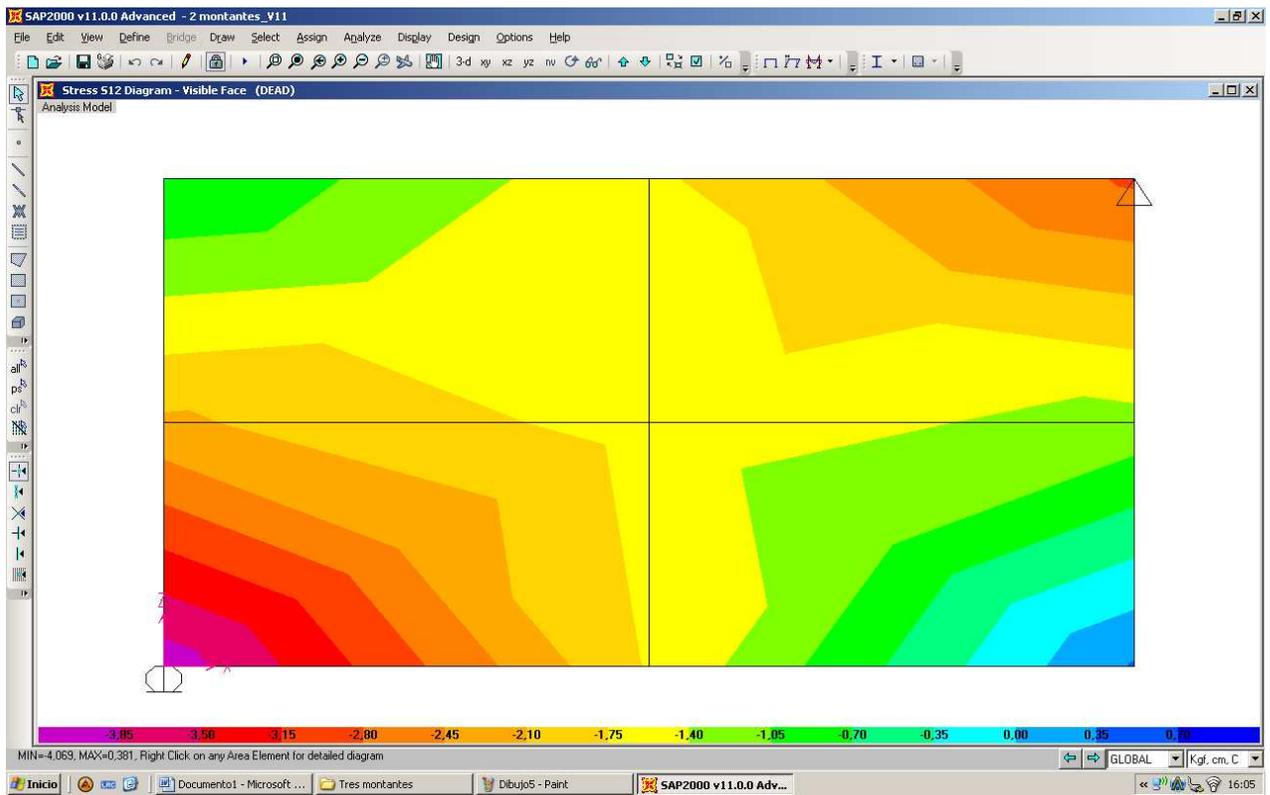


Figura 6.7 Concentración de tensiones a cortante

6.4 Caso N° 2:

El segundo modelo de panel estructural conformado de perfiles de acero galvanizado de bajo espesor revestidos por tableros estructurales OSB de 11,1 mm de espesor, se utilizaran dos soleras de perfil U 62x25x0,85 mm., y tres montantes de perfil C 60x38x0,85 mm, y la carga diagonal aplicada en una de las esquinas, tal como fue aplicada en laboratorio será de 965,98 Kg (con la cual se logro una deformación de 4,8 mm, que corresponde a la máxima deformación permita por la norma Nch 433 Of. 96)

A continuación se muestran las etapas del modelo en SAP2000

- En la siguiente figura se muestra el primer modelo en el que se muestra la distribución de fuerza utilizada y que fue descompuesta en vertical y horizontal, con dos soleras y tres montantes, con una discretización en 4 paneles.

Carga horizontal= 860,7 Kg.

Carga vertical= 438,54 Kg.

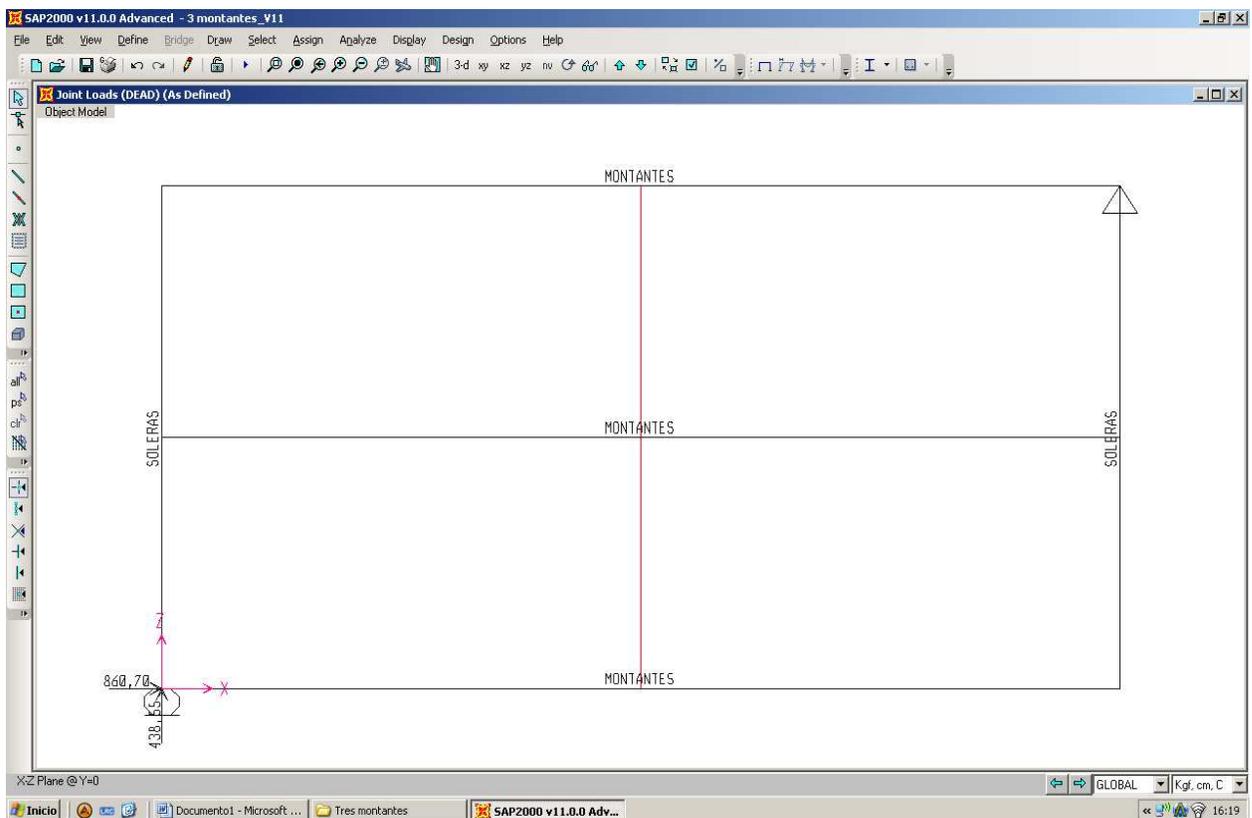


Figura 6.8 Distribución de fuerzas

- En la Figura siguiente se muestra las deformaciones arrojadas por SAP 200 en el punto inferior izquierdo, justo donde se aplica la fuerza diagonal.

$$U_x = 4,22 \text{ mm}$$

$$U_z = 0 \text{ mm}$$

$$U_y = 0 \text{ mm}$$

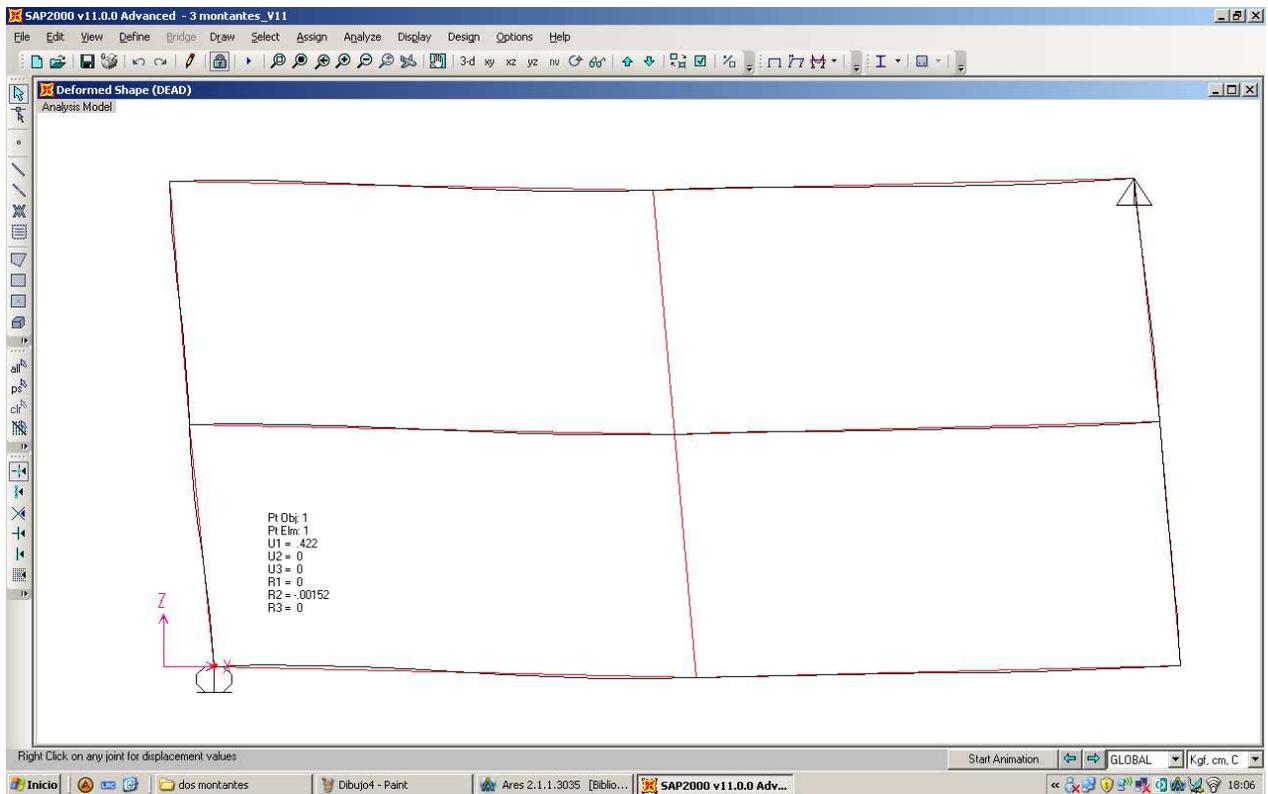


Figura 6.9 Deformación del modelo en el punto de aplicación de la carga diagonal

- En la siguiente figura se muestra las deformaciones arrojadas por el programa SAP2000 en el punto superior a la fuerza aplicada. Estas deformaciones obtenidas son las siguientes:

$$U_x = 0,21 \text{ mm}$$

$$U_z = 0 \text{ mm}$$

$$U_y = -0,07 \text{ mm}$$

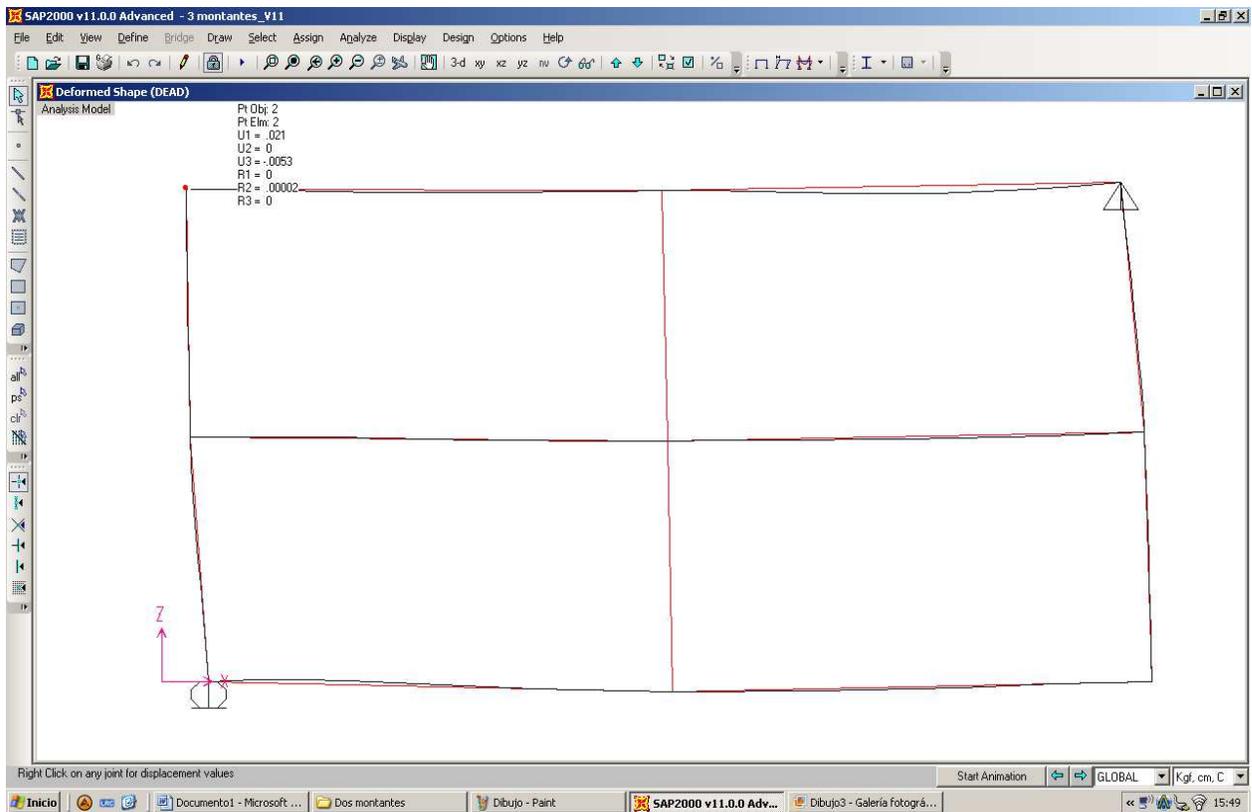


Figura 6.10 Deformación del modelo en el punto superior izquierdo

- En la figura se muestra las deformaciones arrojadas por SAP2000 en el punto de abajo de este panel.

$$U_x = 0,259 \text{ mm}$$

$$U_y = 0 \text{ mm}$$

$$U_z = -0,000153 \text{ mm}$$

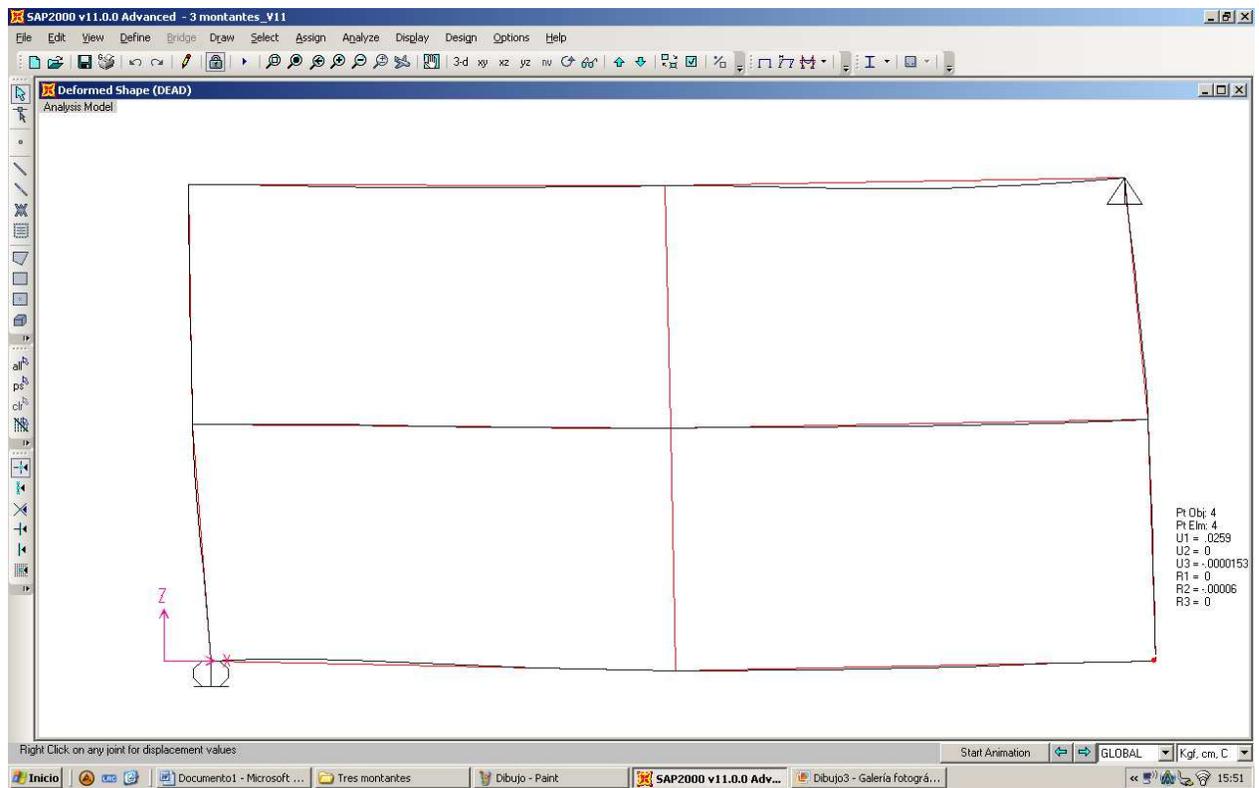


Figura 6.11 Deformación del modelo en el punto de inferior derecho

- En la figura se muestra las deformaciones arrojadas por SAP2000 en el punto de central de este panel.

$$U_x = 0,222 \text{ mm.}$$

$$U_z = 0 \text{ mm}$$

$$U_y = -0,07 \text{ mm}$$

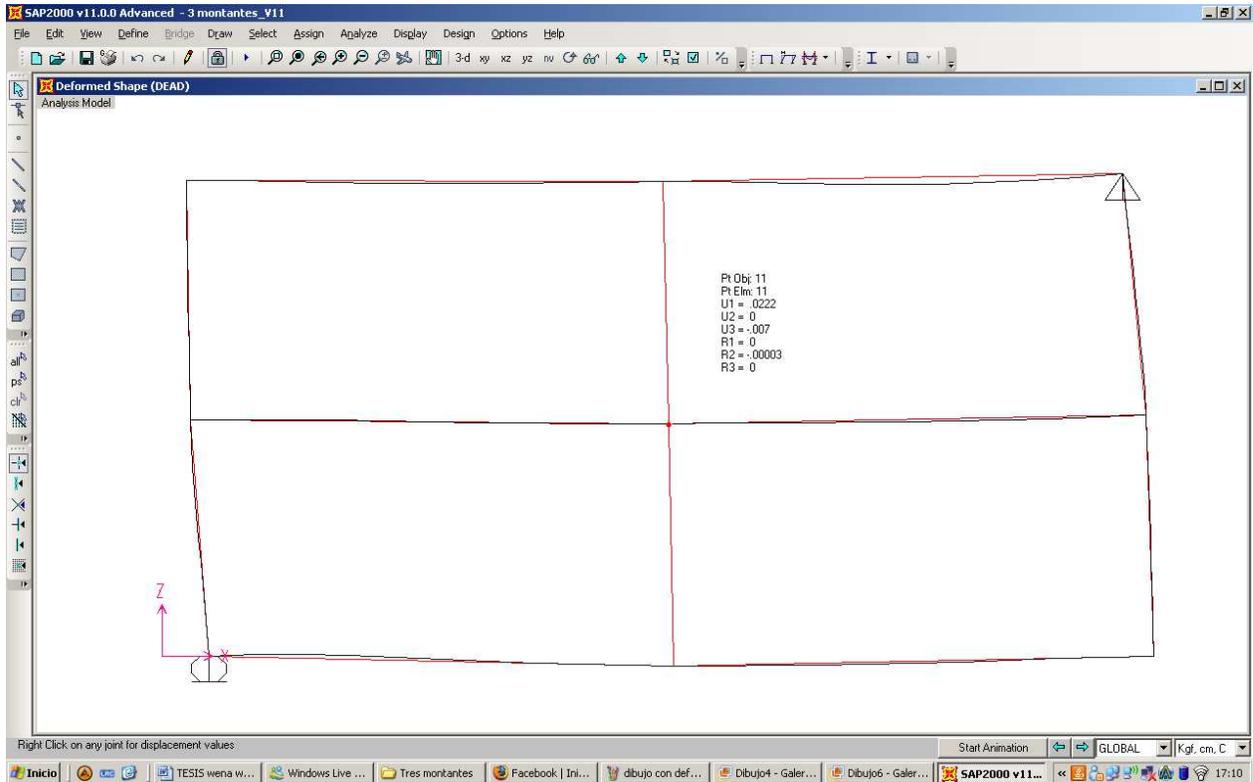


Figura 6.12 Deformación del modelo en el punto central

- A continuación se mostrara la modelación de la deformada arrojada por el SAP2000, de este panel.

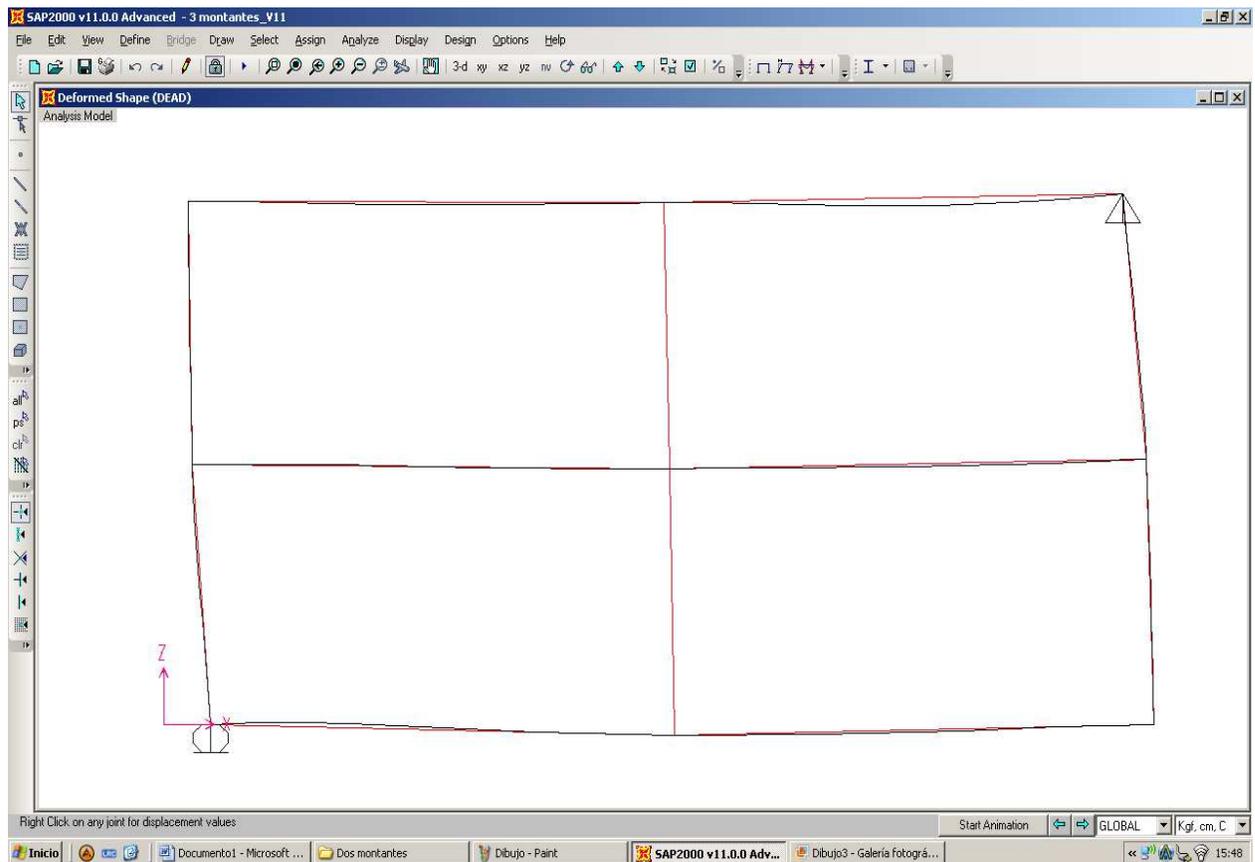


Figura 6.13 Deformada del modelo inicial

- En la siguiente figura se muestra la concentración de tensiones a cortante que arrojo el programa SAP 2000

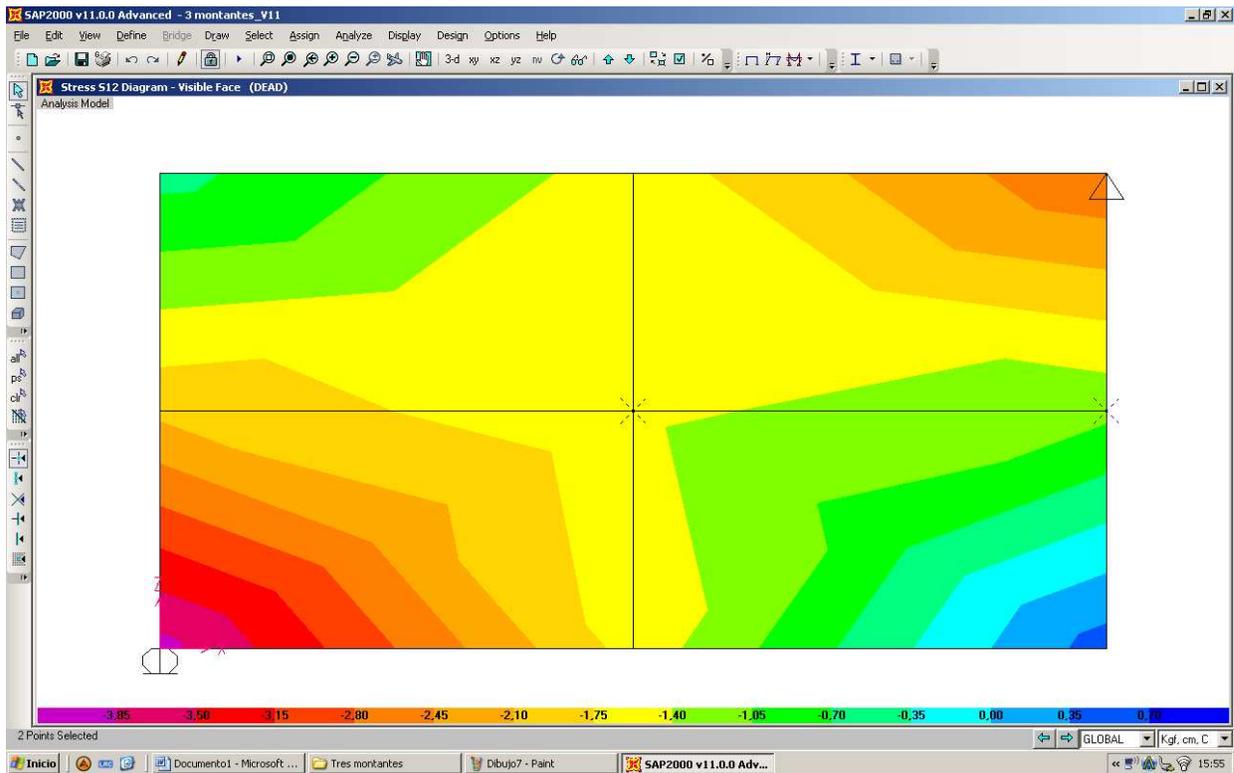


Figura 6.14 Concentración de tensiones a cortante

6.5 Caso N° 3:

El tercer modelo de panel estructural conformado de perfiles de acero galvanizado de bajo espesor revestidos por tableros estructurales OSB de 11,1 mm de espesor, se utilizaran dos soleras de perfil U 62x25x0,85 mm., y cuatro montantes de perfil C 60x38x0,85 mm, y la carga diagonal aplicada en una de las esquinas, tal como fue aplicada en laboratorio será de 1041,1Kg (con la cual se logro una deformación de 4,8 mm, que corresponde a la máxima deformación permita por la norma Nch 433 Of. 96)

A continuación se muestran las etapas del modelo en SAP2000

- En la siguiente figura se muestra el primer modelo en el que se muestra la distribución de fuerza utilizada y que fue descompuesta en vertical y horizontal, con dos soleras y tres montantes, con una discretización en 8 paneles.

Carga horizontal= 927,63 Kg.

Carga vertical= 472,65 Kg.

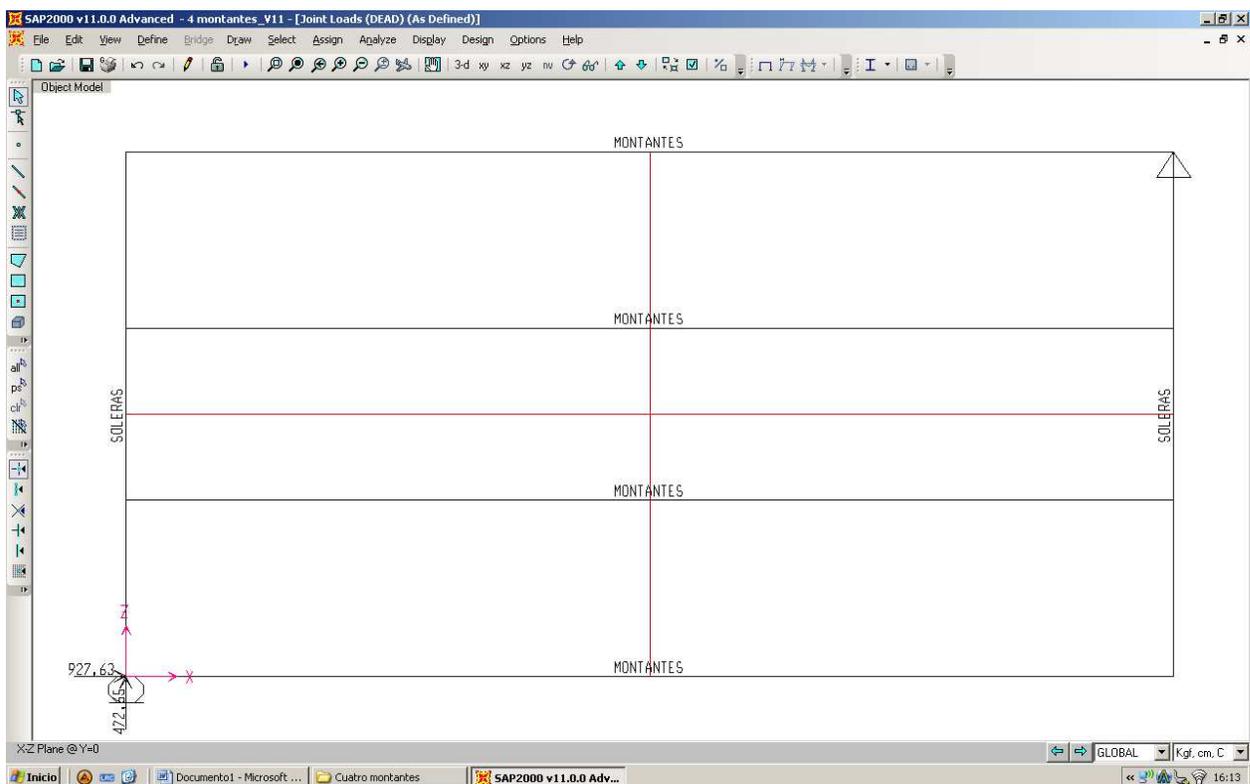


Figura 6.15 Distribución de fuerzas

- En la Figura siguiente se muestra las deformaciones arrojadas por SAP 200 en el punto inferior izquierdo, justo donde se aplica la fuerza diagonal.

$$U_x = 4,477 \text{ mm}$$

$$U_z = 0 \text{ mm}$$

$$U_y = 0 \text{ mm}$$

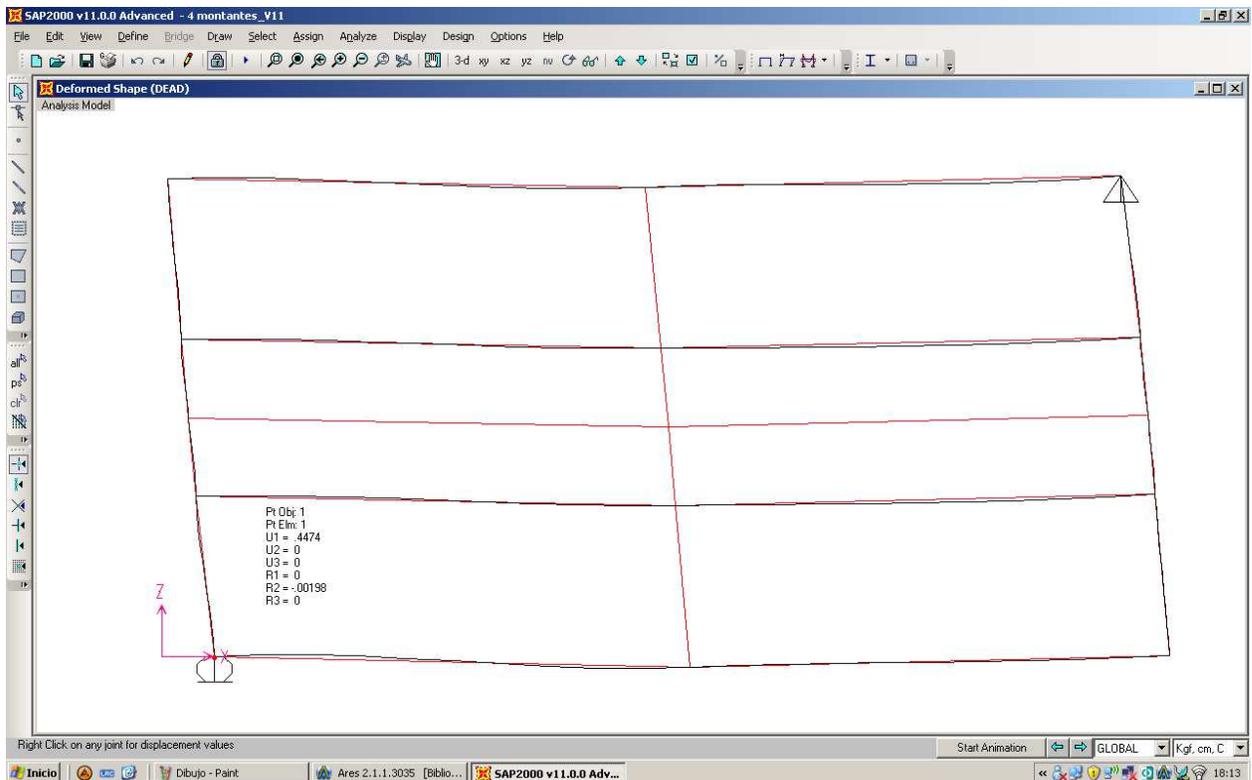


Figura 6.16 Deformación del modelo en el punto inferior derecho

- En la siguiente figura se muestra las deformaciones arrojadas por el programa SAP2000 en el punto superior a la fuerza aplicada. Estas deformaciones obtenidas son las siguientes:

$$U_x = 0,23 \text{ mm}$$

$$U_z = 0 \text{ mm}$$

$$U_y = -0,051 \text{ mm}$$

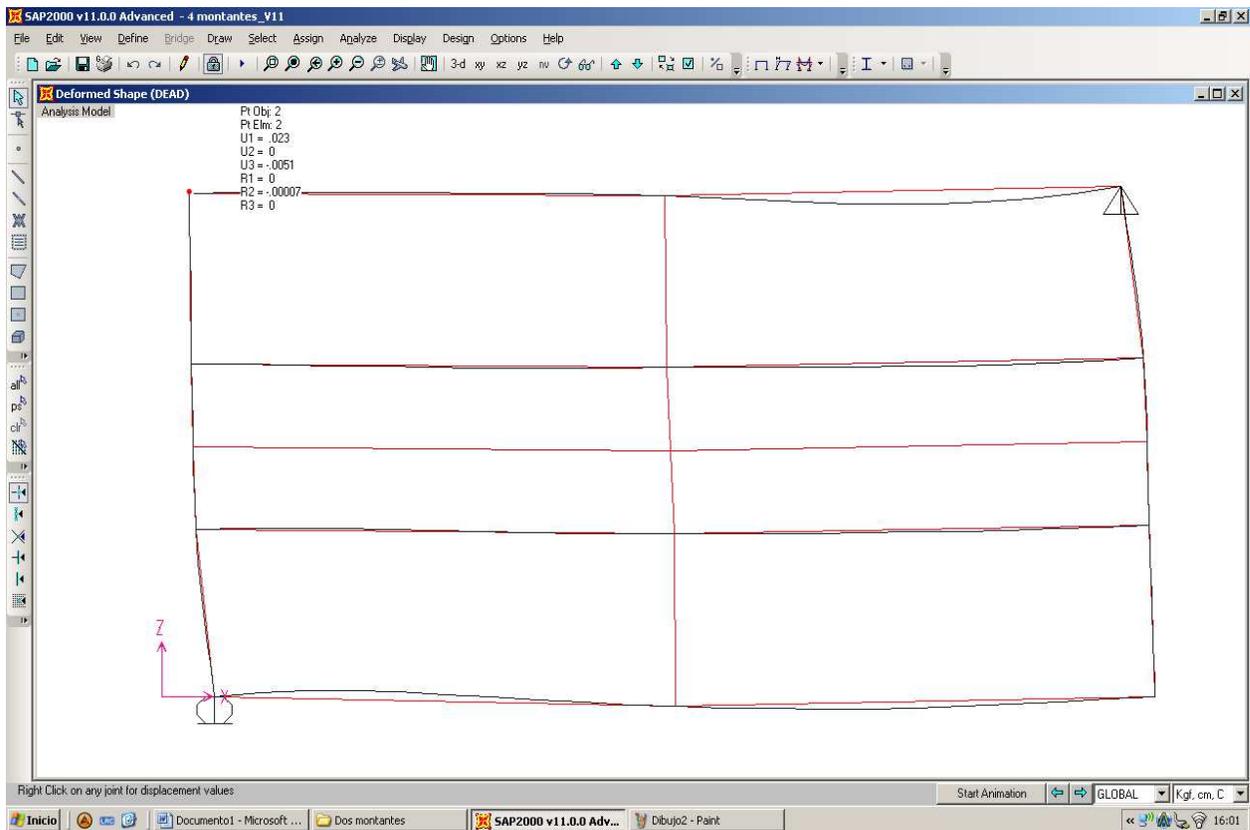


Figura 6.17 Deformación del modelo en el punto superior izquierdo

- En la figura se muestra las deformaciones arrojadas por SAP2000 en el punto de abajo de este panel.

$$U_x = 0,29 \text{ mm}$$

$$U_z = 0 \text{ mm}$$

$$U_y = -0,0033 \text{ mm}$$

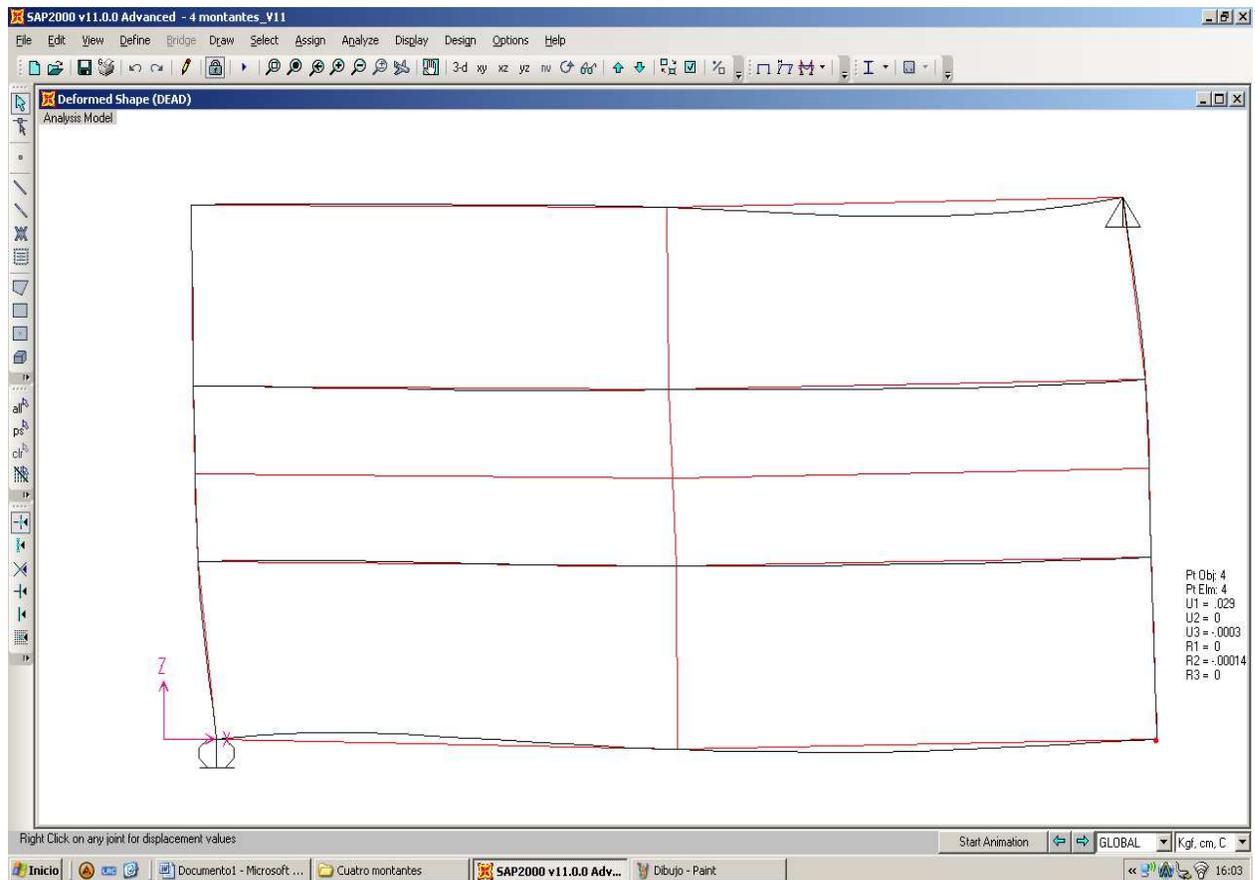


Figura 6.18 Deformación del modelo en el punto inferior derecho

- En la figura se muestra las deformaciones arrojadas por SAP2000 en el punto de central de este panel.

$$U_x = 0,247 \text{ mm.}$$

$$U_z = 0 \text{ mm}$$

$$U_y = -0,072 \text{ mm.}$$

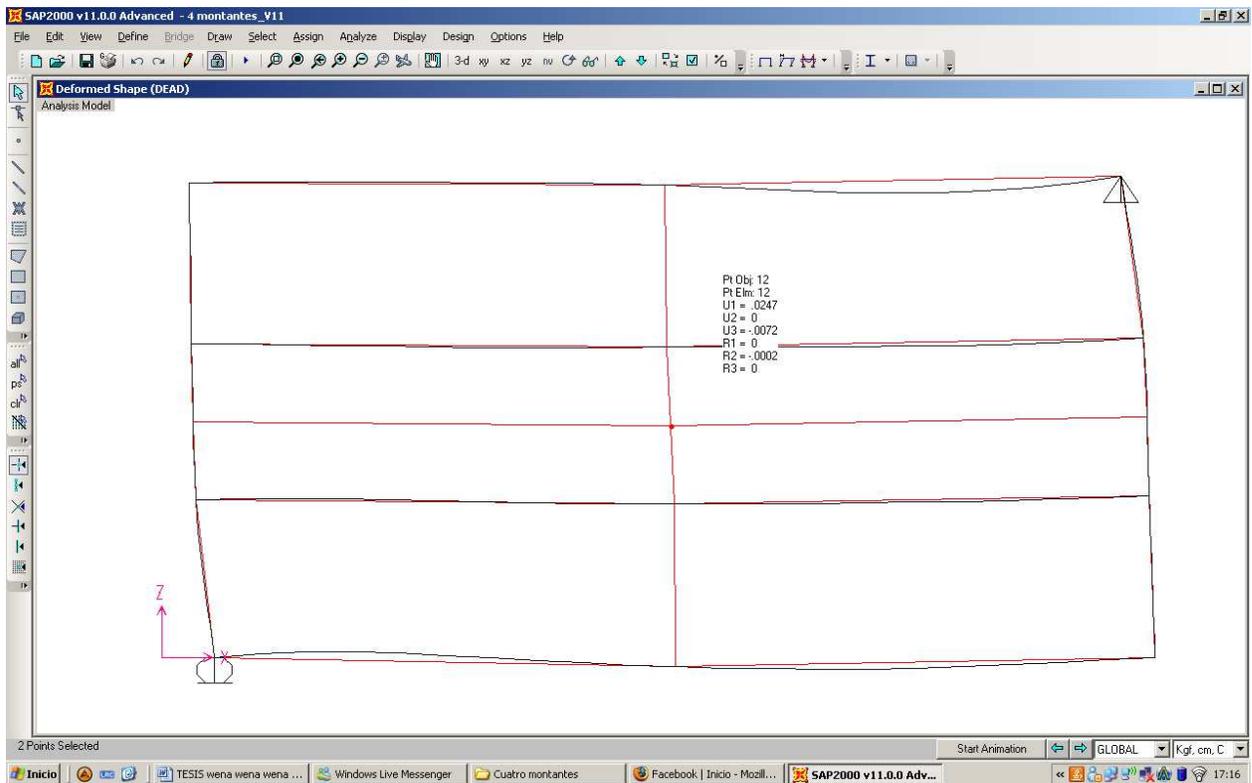


Figura 6.19 Deformación del modelo en el punto central

- A continuación se mostrara la modelación de la deformada arrojada por el SAP2000, de este panel.

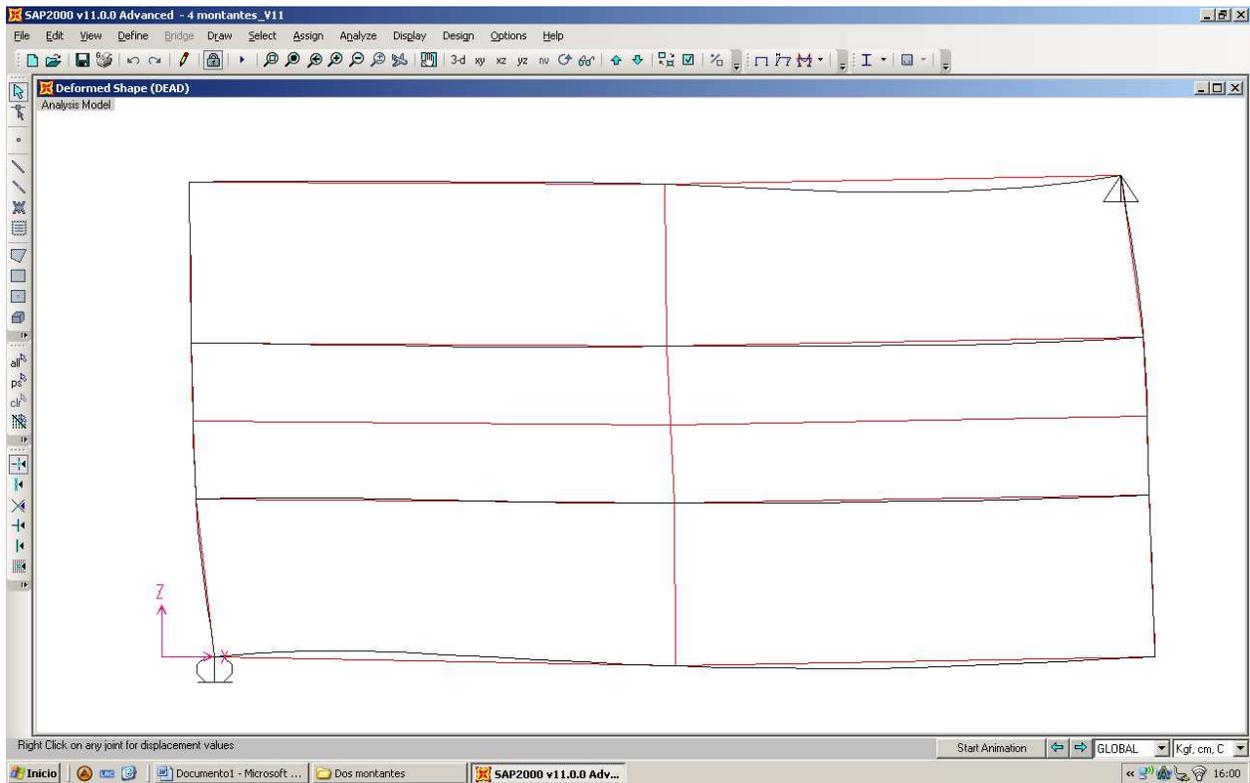


Figura 6.20 Deformada del modelo inicial

- En la siguiente figura se muestra la concentración de tensiones a cortante que arrojó el programa SAP 2000

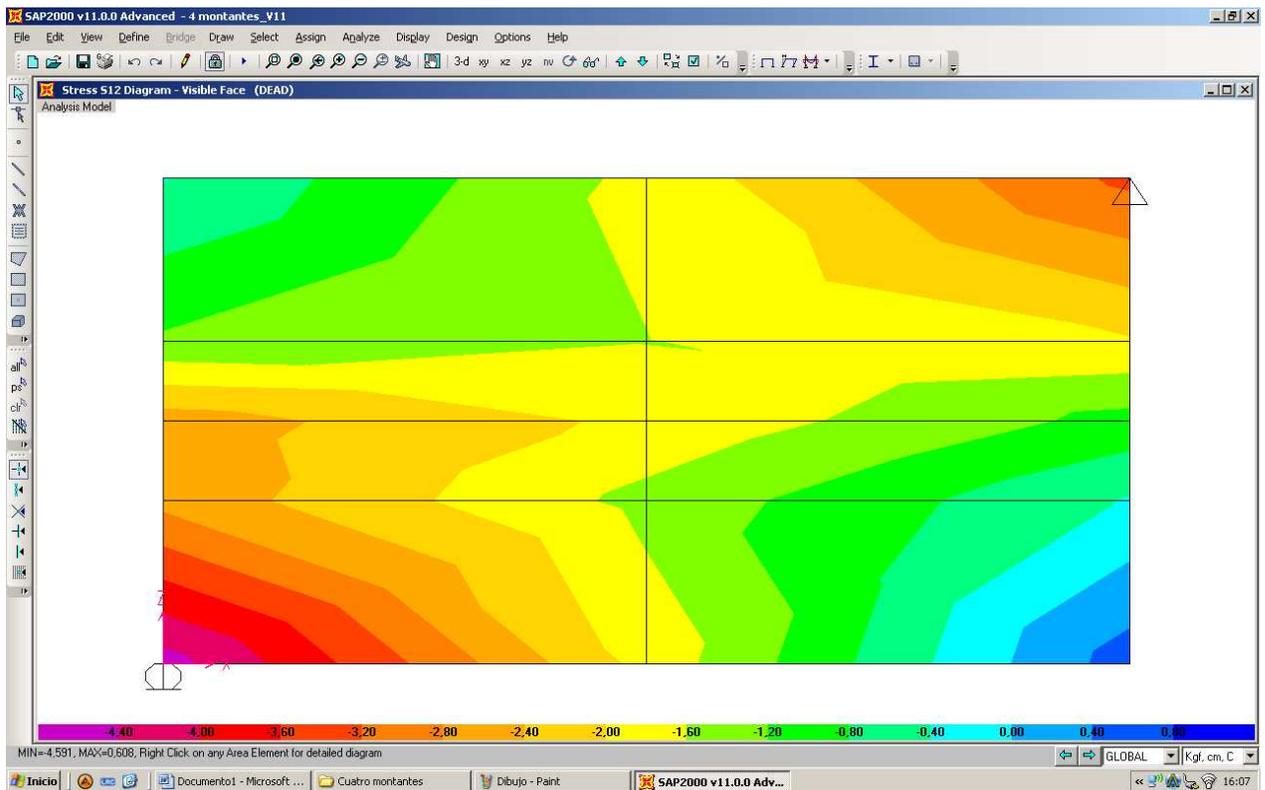


Figura 6.21 Concentración de tensiones a cortante

6.6 Resumen de las reacciones horizontales en el apoyo deslizante en que es aplicada la fuerza diagonal:

*Caso N°1:

$$R_x = 0 \quad \text{Kg.}$$

$$R_z = 217,71 \text{ Kg.}$$

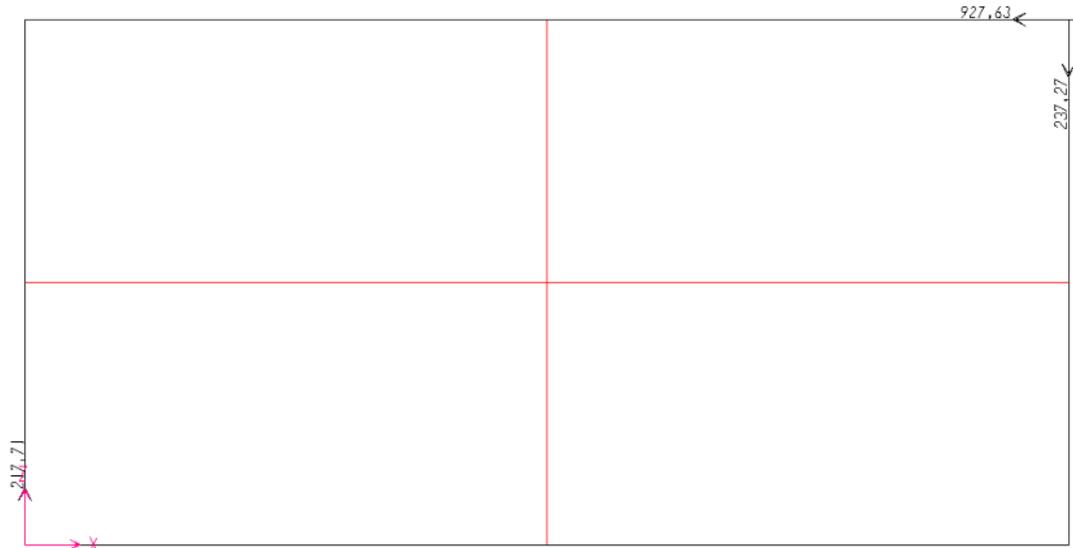


Figura 6.22 Reacciones horizontales en el apoyo deslizante

*Caso N°2:

$$R_x = 0 \quad \text{Kg.}$$

$$R_z = 219,45 \text{ Kg.}$$

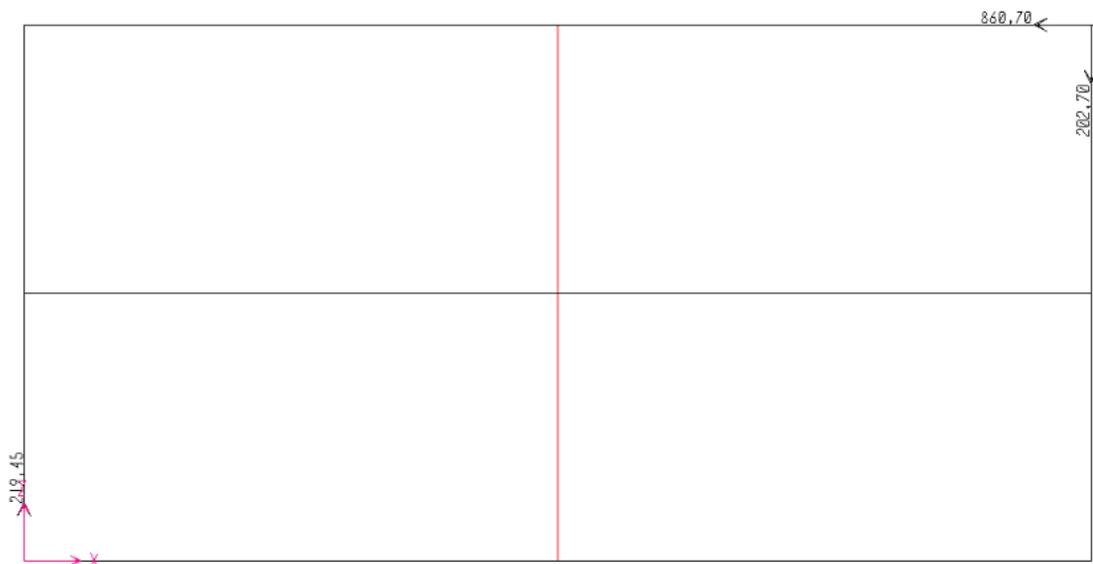


Figura 6.23 Reacciones horizontales en el apoyo deslizante

*Caso N°3:

$$R_x = 0 \quad \text{Kg.}$$

$$R_z = 219,92 \text{ Kg.}$$



Figura 6.24 Reacciones horizontales en el apoyo deslizando

6.7 Resumen de las deformaciones diagonales obtenidas a través del software SAP2000

a) $U_{x1} = 4,619 \text{ mm}$

$$\delta = \Delta * \cos 22,5^\circ$$

$$\delta = 4,619 * \cos 22,5^\circ$$

$$* \delta = 4,2673 \text{ mm}$$

b) $U_{x2} = 4,22 \text{ mm}$

$$\delta = \Delta * \cos 22,5^\circ$$

$$\delta = 4,22 * \cos 22,5^\circ$$

$$* \delta = 3,9 \text{ mm}$$

c) $U_{x3} = 4,4474 \text{ mm}$

$$\delta = \Delta * \cos 22,5^\circ$$

$$\delta = 4,4474 * \cos 22,5^\circ$$

$$* \delta = 4,2 \text{ mm}$$

En los siguientes gráficos se muestra el afinamiento de la malla de elementos finitos para los tres casos vistos anteriormente, además para modificar el modelo inicial se le añadió un perfil de acero galvanizado como diagonal en la dirección contraria a la aplicación de la carga, para poder observar que ocurría con el modelamiento de este panel de estructura de acero galvanizada de bajo espesor revestido de OSB de 11, 1 mm de espesor en ambas caras:

*Caso1:

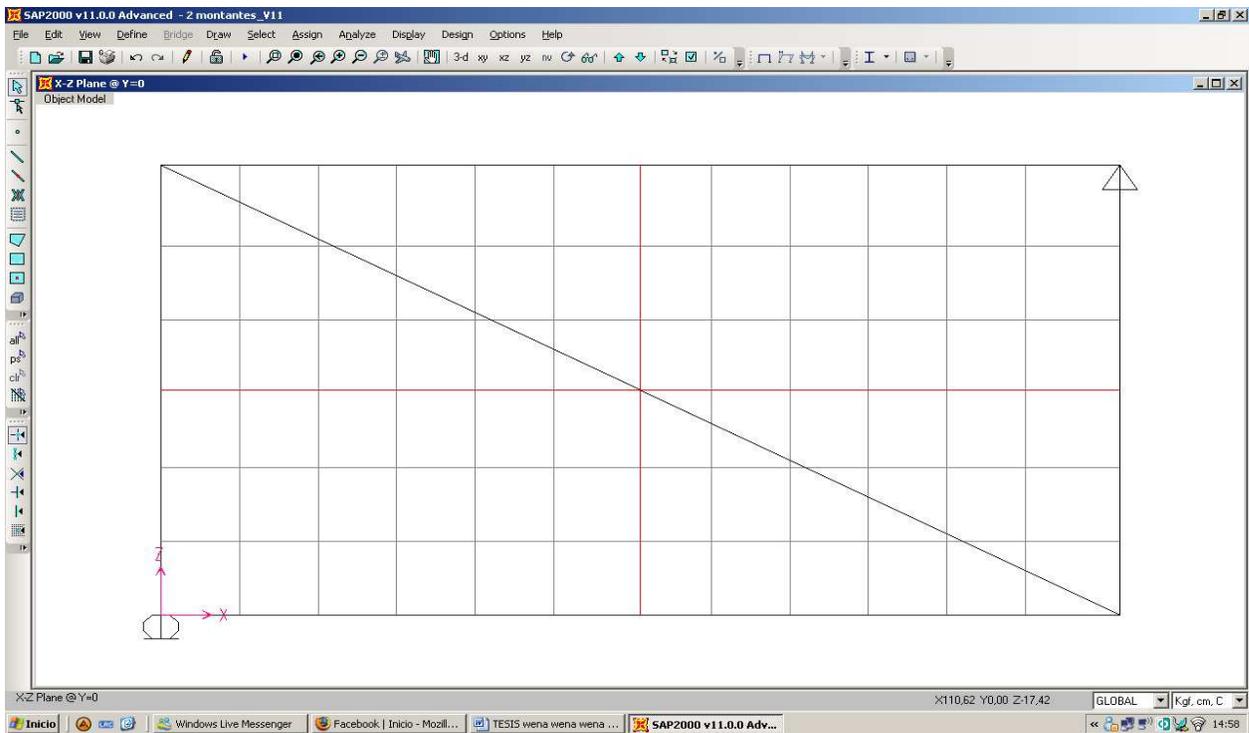


Figura 6.25 Modificación del modelo inicial con un perfil en la diagonal

*Caso 2:

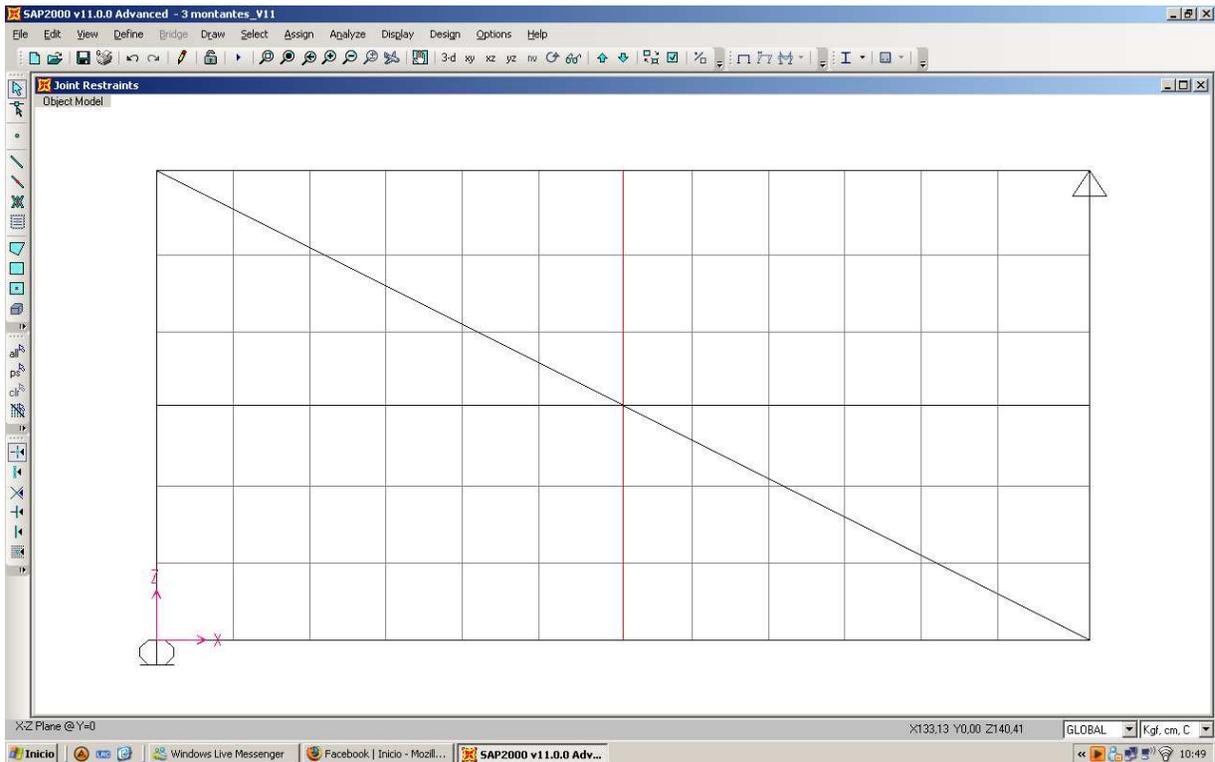


Figura 6.26 Modificación del modelo inicial con un perfil en la diagonal

*Caso 3:

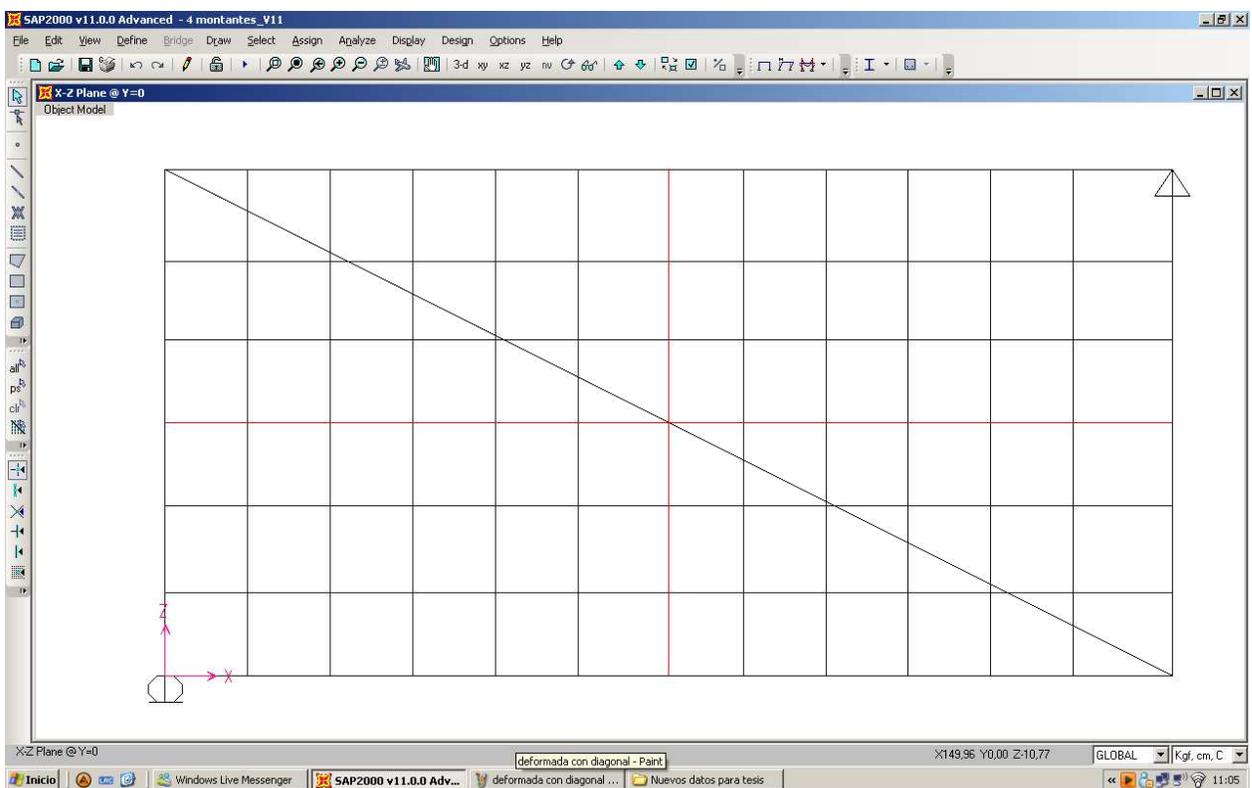


Figura 6.27 Modificación del modelo inicial con un perfil en la diagonal

Al hacer mayores divisiones del elemento, no se producen mayores diferencias que al efectuar menos particiones de este.

A continuación se muestra un Cuadro Resumen de las Deformaciones del modelamiento de estos paneles en el que se les adiciono un perfil de acero galvanizado en su diagonal.

Tabla 6.1: Resumen de las Deformaciones horizontales del modelo de los paneles iniciales en comparación con los paneles en que les adiciono un perfil de acero galvanizado en la diagonal

	Caso 1(mm)	Caso 2(mm)	Caso 3 (mm)
δ Horizontal sin diagonal	4,619	4,22	4,44
δ Horizontal con diagonal	2,033	1,869	1,999

Se ve que al adicionar un perfil de acero galvanizado de bajo espesor como diagonal en estos paneles disminuye la deformación de este en un porcentaje cercano al 50%, por lo que se propone este modelo como mejoramiento al modelo principal, lo que no significa incurrir en gastos mayores, solo la aplicación del perfil en la diagonal, con esto obtenemos claramente una menor deformación

6.8 Resumen de los gráficos de tensiones a cortante de los Casos 1, 2 y 3, en paralelo con los gráficos que están reforzados con una diagonal de perfil de acero galvanizado de bajo espesor en la dirección opuesta a la aplicación de la carga en el apoyo deslizando.

Caso 1: Con diagonal

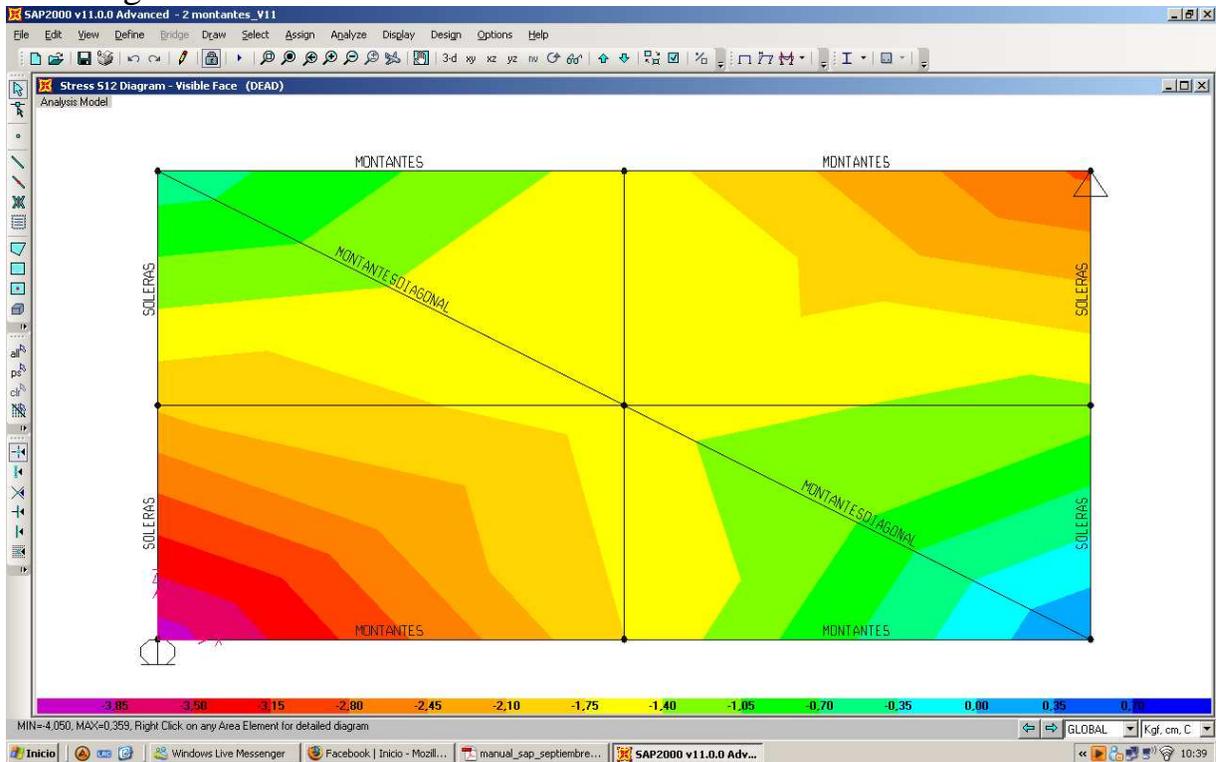


Figura 6.28 Tensiones a cortante en caso 1 con perfil en su diagonal

$$S_{\text{máx}} = 0,381 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_{\text{mín}} = -4,069 \text{ kg/cm}^2$$

Caso 1: Sin diagonal

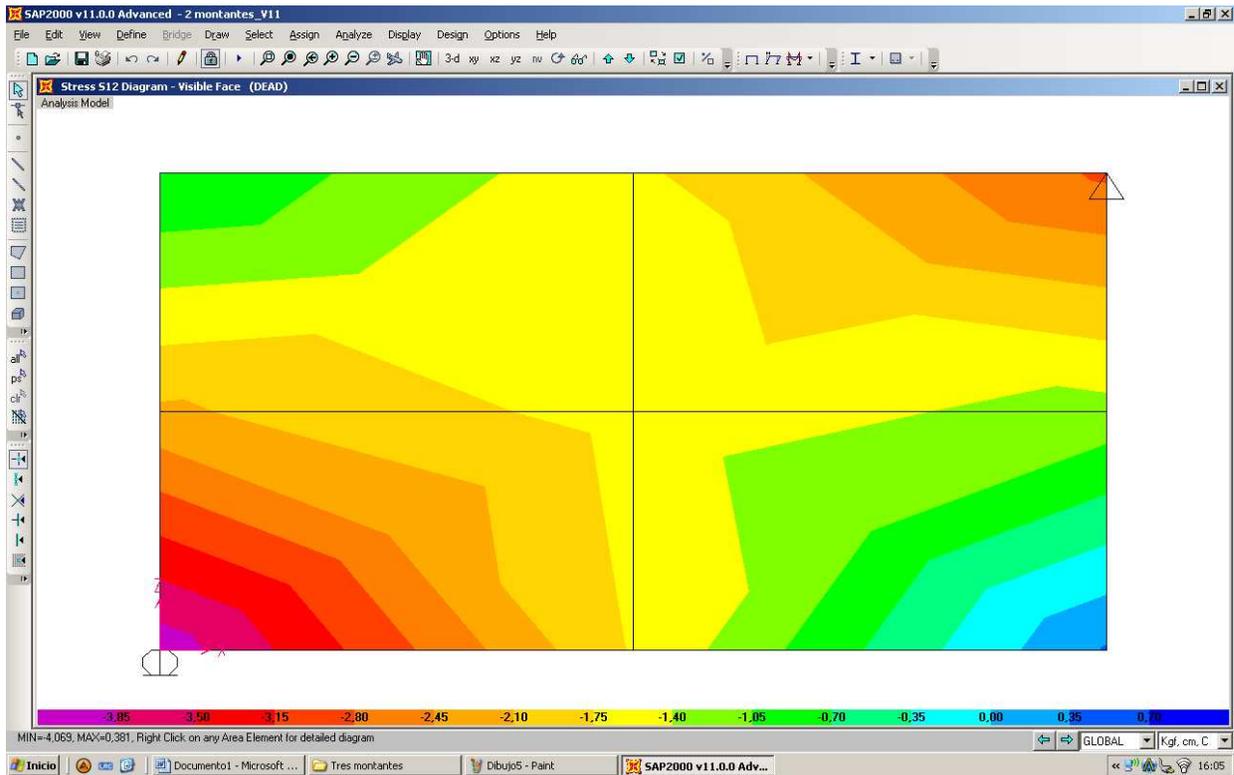


Figura 6.29 Tensiones a cortante en caso 1 sin perfil en su diagonal

Smáx.= 0,359 kg/cm²

Smín.= -4,050 kg/cm

Caso 2:
Con diagonal

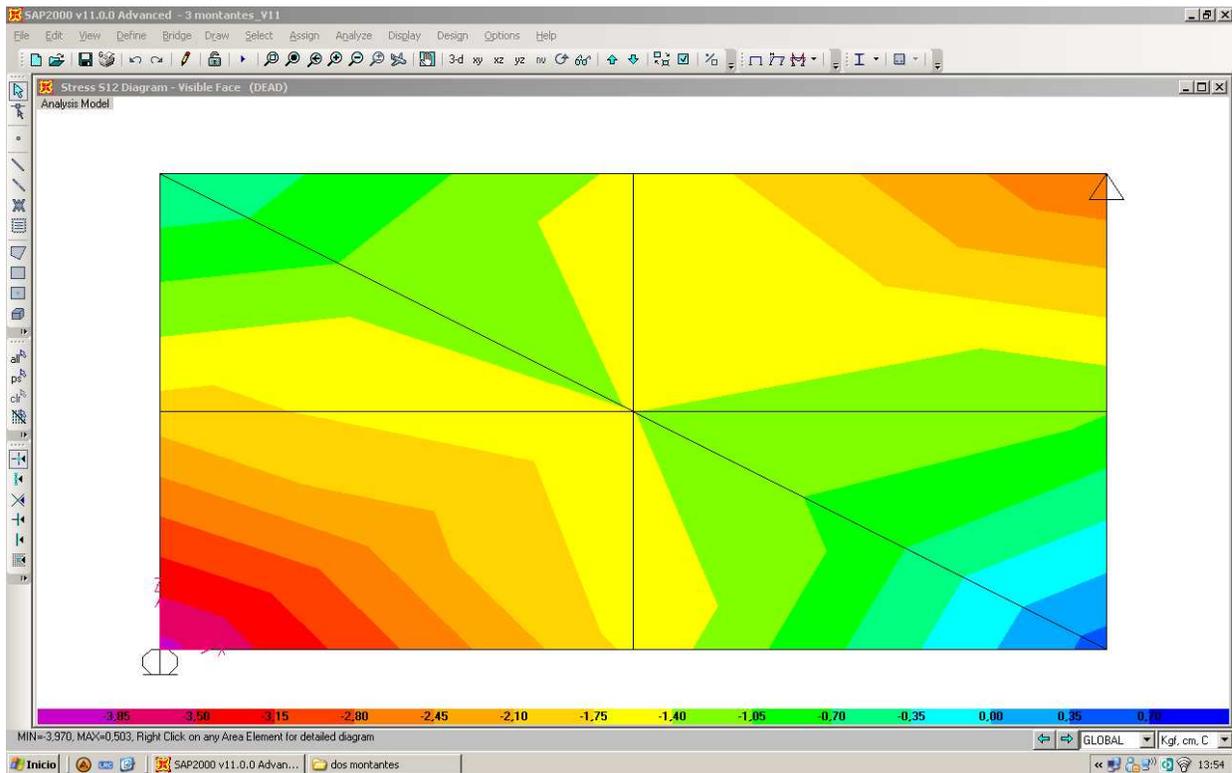


Figura 6.30 Tensiones a cortante en caso 2 con perfil en su diagonal

$S_{\text{máx.}} = 0,503 \text{ kg/cm}^2$

$S_{\text{mín.}} = -3,970 \text{ kg/cm}^2$

Caso 2:

Sin diagonal

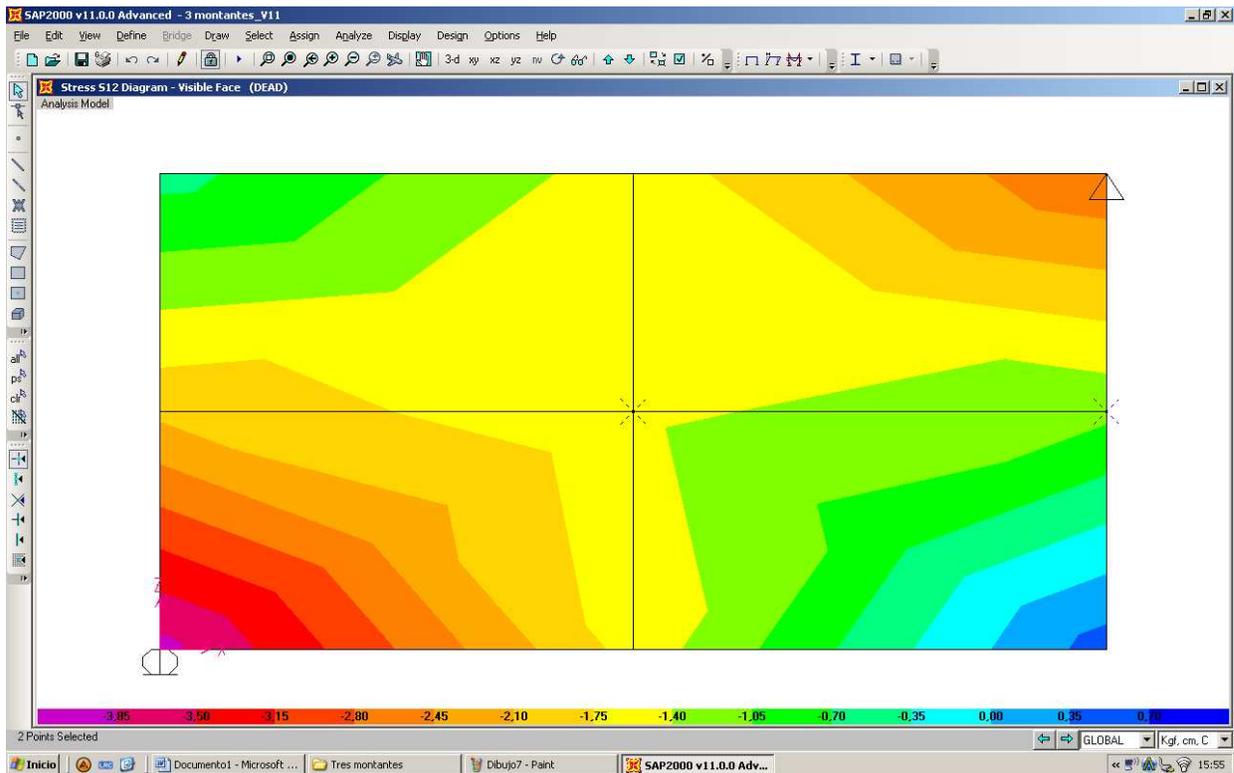


Figura 6.31 Tensiones a cortante en caso 2 sin perfil en su diagonal

$S_{\text{máx.}} = 0,12 \text{ kg/cm}^2$

$S_{\text{mín.}} = -3,5 \text{ kg/cm}^2$

Caso 3:
Con diagonal

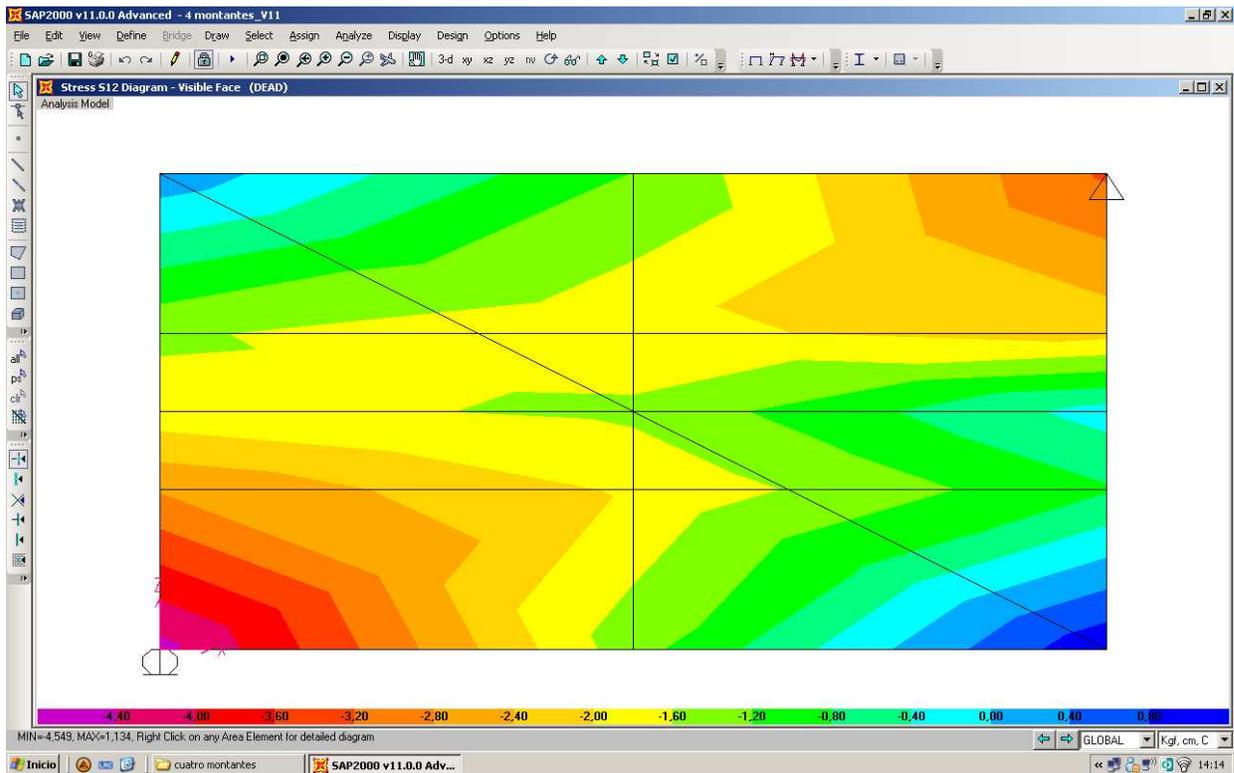


Figura 6.32 Tensiones a cortante en caso 3 con perfil en su diagonal

$S_{\text{máx.}} = 1,134 \text{ kg/cm}^2$

$S_{\text{mín.}} = -4,549 \text{ kg/cm}^2$

Caso 3: Sin diagonal

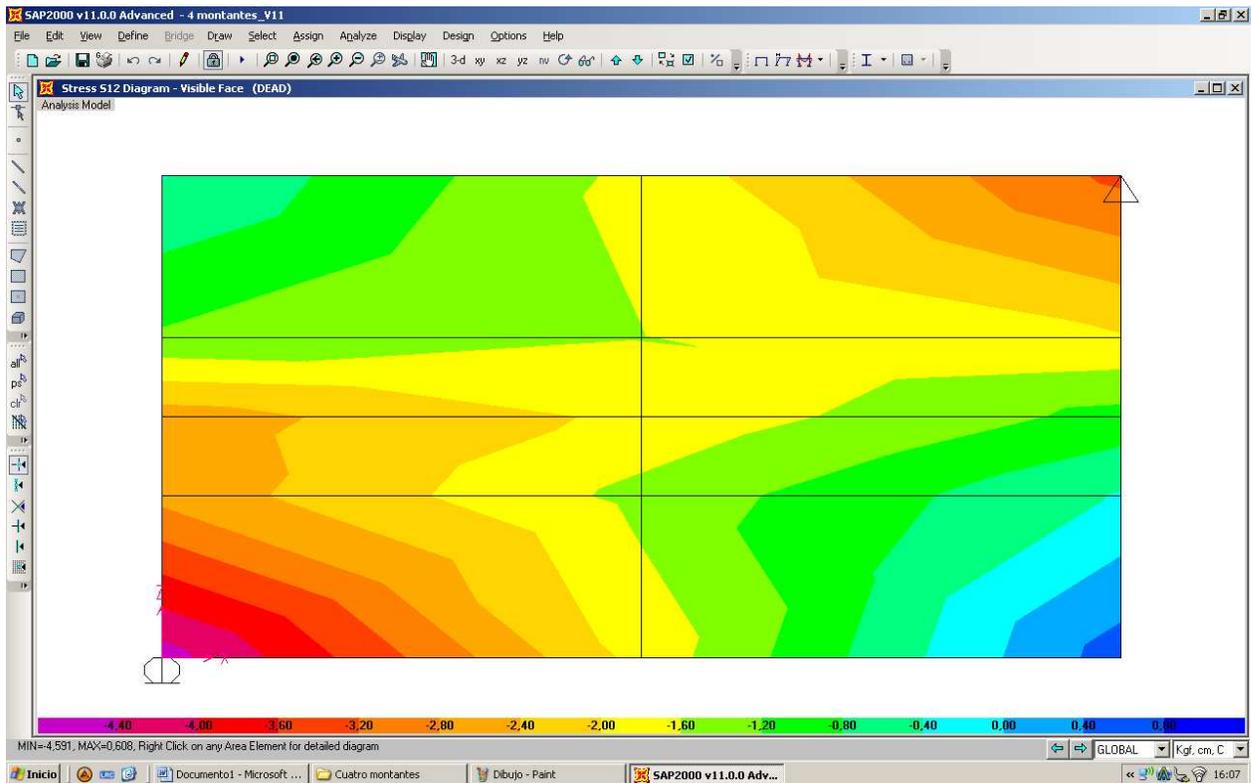


Figura 6.33 Tensiones a cortante en caso sin perfil en su diagonal

$S_{m\acute{a}x.} = 0,608 \text{ kg/cm}^2$

$S_{m\acute{m}n.} = -4,00 \text{ kg/cm}^2$

La mayor concentración de tensiones a cortante se ve que se da en la esquina de aplicación de la carga diagonal así como también en su extremo superior contrario.

Las tensiones a cortante positivas se dan en la esquina inferior derecha, la cual no tiene apoyo solo recibe un porcentaje de carga de la que es aplicada, mientras también que recibe otro porcentaje de la que reparte el apoyo fijo de la esquina superior derecha.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los ensayos realizados se observa la tendencia clara, que mientras los montantes se encuentran a menor distancia, menor es la deformación que se produce en éstos tabiques y mayor es la carga que éstos soportan, y en forma análoga, mientras mayor es la separación de los montantes, mayor es la deformación producida en éstos, y además, menor es la carga soportada por éstos tabiques.

- Para montantes separados a 40 cms., se tiene la siguiente ecuación general:

$$Y = 208,02x - 91,1$$

$$\rightarrow K = 0,208 \text{ (Ton/cm)}$$

- Para montantes separados a 60 cms., se tiene la siguiente ecuación general:

$$Y = 188,53x - 78,79$$

$$\rightarrow K = 0,188 \text{ (Ton/cm)}$$

Para tabiques en que los montantes están separados a 40 cms, el coeficiente de rigidez K es igual a 0, 208 (ton/cm), el cuál es mayor al coeficiente de rigidez obtenido para montantes separados a 60 cm, cuyo valor obtenido es 0,188 (ton/cm).

2. Con los datos obtenidos en los ensayos se obtuvo un gráfico para cada tabique, éstos presentan un comportamiento lineal elástico dentro de los rangos en que fueron aplicadas las cargas.

3. Cuando los montantes están separados a 60 cm se encuentra una deformación igual a 4,8 mm con un nivel de confianza del 95% entre las siguientes cargas (812,60 Kg.; 839,70 Kg.). Para montantes separados a 40 cm se encuentra una deformación igual a 4,8 mm con un nivel de confianza del 95% entre las siguientes cargas (893,213 Kg.; 921,579 Kg.)

4. Al comparar los resultados de deformaciones de estos paneles obtenidos en los ensayos de compresión diagonal y la modelación computacional de elementos finitos a través del software SAP2000 se concluye que las deformaciones en el programa son un poco menores pero muy cercanas a las obtenidas en laboratorio, este error se puede deber a problemas de montaje de paneles, aplicaciones no secuencial de cargas, falla en fabricación de material, entre otros. Para

validar el modelo en SAP2000 habría que aplicar un factor de seguridad al modelo teórico con el cual se obtendría un modelo mas optimo.

5. En este estudio se trabajó con un módulo de elasticidad del OSB de 35.000 Kg./cm². Al efectuar una modificación de éste módulo en SAP2000 a 32.300 Kg./cm² se obtiene computacionalmente una deformación de 4,8 mm, que corresponde a la que fue obtenida experimentalmente. Por lo antes descrito, se propone trabajar con un módulo de elasticidad $E= 32.300 \text{ Kg./cm}^2$ para un panel de OSB de 11,1 mm de espesor.

6. Se propone una configuración alternativa para el panel de forma tal de mejorar sus características, esta es agregando un perfil de acero galvanizado de bajo espesor en su diagonal contraria a la dirección de la aplicación de la carga, con esto se logra reducir las deformaciones en el orden del 50%.

7. Como se puede apreciar, al comparar los resultados finales de los costos de construcción para las diferentes técnicas constructivas, los paneles construidos a través del sistema formacon son una opción completamente viable y económica frente a las alternativas más tradicionales.

Las placas como el OSB se producen en grandes cantidades, lo que reduce en cierta manera el costo, lo que se transmite al consumidor. Si bien es cierto, tiene un costo que es 1,45 veces mayor que el panel tradicional, pero al final de la construcción implica ahorros directos para el constructor por conceptos de menores perdidas de material, del orden del 2%, mayor velocidad de construcción por ser rápido de trabajar, requerir menos elementos y además gran precisión en la ejecución de las obras.

BIBLIOGRAFIA

- “Metal con Tabiques”, www.carlosherrera.cl/tabigal
- “Metalcon”, www.scrib.com/doc/8635592/metalcom
- “Soluciones Formac”, www.formac.cl
- “Proyectos Metalcon”, www2.cintac.cl/proyectos/metalcon.php
- “Catálogos”, www2.cintac.cl/comunidad/catalogo.php
- “A Builder’S Guide to Steel Frame Construction”,
www.steel framing.org/PDF/SFA_Framing_Guide_final2.pdf
- “Estructura de Acero Galvanizado Liger”, www.youtube.com/watch?v=AHPfwOpWguk
- “Manual de Steel Frame Construcción Racionalizada Liviana”,
www.arquitectuba.com.ar/apuntes-arquitectura/manual-steel-frame/
- “Conceptos que Definen el Steel Framing”,
www.steelbuilt.es/steelframe.html
- “Sistema Steel House”,
www.tubosarg.com.ar/shnoticia.php?id=18
- “¿Porqué construir con Steel Framing conviene más?”
www.espacioyconfort.com.ar/44/info3.php
- “Steel Framing: Arquitectura”, Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero, ILAFA.
- “Curso Elemental de Edificación”, Profesor Euclides Guzmán, Tomo primero, 1980.
- “Ingeniería y Construcción en Madera”, Arauco.
- “Diseño Sísmico de Edificios”, Norma chilena, NCh 433 Of. 96
- <http://www.covintec.cl/>

ANEXO A

A.1. CONCEPTOS QUE DEFINEN EL ACERO GALVANIZADO PARA STEEL FRAMING

El Acero es un material de los llamado “nobles”, tiene una gran estabilidad dimensional.

El Acero como material fue utilizado en la construcción con anterioridad que el Hormigón Armado, por lo cual es considerado “tradicional”.

El Acero Galvanizado Liviano es una evolución tecnológica de Acero Laminado y todo indica que en el siglo XXI esta evolución continuará. (por ejemplo, en los autos del 2000 se utiliza el 50% menos de acero que en 1960 y las piezas son un 30% mas livianas pero con mayor resistencia, debido justamente al empleo de acero galvanizado en las carrocerías.)

El Acero Galvanizado en la Argentina, con recubrimiento estándar Z275, reúne las características aptas para un clima marítimo. Esto implica una mayor “barrera” o “defensa” a la corrosión por algún tipo de infiltración de la humedad.

El Acero Galvanizado no es atacado por termitas ni otros animales otorgando, sin embargo, el espacio para albergar la aislación requerida.

El Acero Galvanizado es 100% reciclable.

En el caso de las Estructuras de Acero Galvanizado hay tres temas fundamentales para tener en cuenta, dado que son la base de la protección de la estructura y del óptimo funcionamiento del Steel Framing como sistema integral. Estos temas son **corrosión**, **fuego** y **puentes térmicos** y los desarrollaremos a continuación.

A.2. CARACTERÍSTICAS DEL STEEL FRAMING CONCEPTOS GENERALES

Anteriormente, al definirse los conceptos de “*Frame*” y “*Framing*”, se ha hecho referencia a las características principales que describen al Steel Framing como un sistema liviano y, a la vez, muy resistente.

Asimismo, otro aspecto particular del Steel Framing, que lo diferencia de otros sistemas constructivos tradicionales, es que está compuesto por una cantidad de elementos o “sub- sistemas” (estructurales, de aislaciones, de terminaciones exteriores e interiores, de instalaciones, etc.) funcionando en conjunto. Como ejemplo y para una fácil comprensión, podríamos compararlo con el funcionamiento del cuerpo humano, infiriendo las siguientes asociaciones:

Los perfiles de acero galvanizado que conforman la estructura se corresponden con los huesos del cuerpo humano.

Las fijaciones y flejes de la estructura del edificio se corresponden con las articulaciones y tendones.

Los diafragmas de rigidización en el edificio se corresponden con los músculos.

Las diferentes aislaciones, ventilaciones y terminaciones del edificio se corresponden con la piel y los mecanismos de respiración y transpiración.

Es decir que el conjunto de “sub- sistemas” y el modo en que los mismos están interrelacionados, es lo que hace posible el correcto funcionamiento del edificio en su totalidad como un macro sistema.

Por ello, la elección y selección de materiales idóneos y recursos humanos, influirá en un mayor rendimiento de los mismos y en un correcto funcionamiento del edificio.

Estos conceptos llevan a una optimización de recursos de materiales, mano de obra y tiempos de ejecución y como consecuencia final la optimización de los costos.

El acero no se pudre, no se agrieta, no se deforma, no es inflamable y es 100% reciclable. El acero galvanizado es una solución lógica y eficaz para las crecientes necesidades del actual mercado de construcción de viviendas. Ofrece múltiples beneficios tanto por sus precios estables y competitivos como por su instalación mucho más rápida, dando como resultado una financiación más reducida en la construcción y un importante ahorro en los costos.

La construcción en seco ofrece numerosas ventajas como rapidez y eficacia de montaje sin problemas de humedad. La estructura es totalmente desmontable, comporta pocos gastos de transporte y se producen menos residuos.

Los elementos de la estructura se fabrican con agujeros punzonados para permitir el paso de instalaciones; lo que supone un considerable ahorro de tiempo para otros profesionales. Además los elementos de acero galvanizado pesan mucho menos que los componentes de ladrillo y hormigón; en consecuencia, se pueden reducir los cimientos y las banquetas.

Las estructuras de acero galvanizado son compatibles con cualquier otro tipo de acabado convencional además de las numerosas opciones de acabado con nuevos materiales de alta calidad. La inherente solidez del acero y la cualidad de no inflamable, hace posible que las casas construidas con esta estructura resistan a consecuencias devastadoras como pueden ser fuegos, terremotos.

A.3. EL PRINCIPIO BÁSICO DE ESTAS CONSTRUCCIONES

El principio básico de este tipo de construcción se encuentra en las casas americanas construidas con estructura de madera. Debido a los problemas que comporta construir con madera, el sistema ha evolucionado hacia la construcción en seco con estructura de acero galvanizado. El objetivo de nuestro sistema constructivo consiste en aprovechar la técnica de la obra tradicional integrando las mejoras de las nuevas tecnologías y extender el campo de posibilidades en cuanto a formas constructivas, sin aumentar el coste de la obra, permitiendo nuevas formas y permitiendo gran libertad.

Gracias a la concepción y desarrollo asistidos por ordenador, junto a las ventajas de la construcción industrializada y a la flexibilidad que ofrece un previo estudio técnico. Nuestro sistema constructivo resulta más preciso, ecológico, económico y permite disfrutar de un alto nivel de confort.

Desde hace más de 150 años el acero predomina en la construcción. Hoy en día sigue siendo uno de los materiales industrializados más resistentes, duraderos y económicos. Aunque en un principio ha sido asociado a los rascacielos y los puentes, el acero aparece actualmente como el material preferido para estructuras en la construcción de viviendas.

Constructores y propietarios de América y de algunos países de Europa ya se han familiarizado con los múltiples beneficios que ofrece el acero galvanizado en la construcción de viviendas.

El acero conformado en frío es ligero, manejable, económico en el coste y una alternativa de alta calidad frente a otros materiales tradicionales utilizados para estructuras de viviendas. Muchos de los componentes de las estructuras de acero galvanizado han sido diseñados, en un principio, como sustitutivos de elementos para estructuras tradicionales. No obstante, ahora se fabrican para reflejar la solidez y la superior consistencia del acero. La variedad de formas y diseños disponibles se han extendido más allá de los estándares de las estructuras convencionales, y esta variedad ofrece al constructor la ventaja de ahorrar tiempo y costos en la construcción con un producto de alta calidad.

El Steel Framing es un sistema constructivo liviano, ya que no necesita equipos y maquinaria pesada para su uso, y abierto, dado que permite cualquier tipo de terminación exterior e interior. Este sistema de última generación no es más que la evolución del “ballon frame” americano que se utiliza con estructura de madera desde hace muchísimos años.

La estructura resistente de una vivienda industrializada liviana admite ser realizada con diferentes materiales, entre ellos, los más usuales son la madera y el acero.

En nuestro país, la construcción industrializada liviana utiliza en su gran mayoría como material para la estructura resistente al acero, generalmente galvanizado por inmersión en caliente.

El no haber tenido contacto frecuente con este material, plantea a los proyectistas y arquitectos algunos interrogantes, sin embargo, el creciente uso del acero como material de elección para estructura de viviendas se debe a varias razones que explicamos a continuación:

A.4. LA EXPERIENCIA DE OTROS PAÍSES

La experiencia mundial al respecto indica que el acero va reemplazando paulatinamente a otros materiales usados en la construcción de la estructura de las viviendas. El ejemplo de los Estados Unidos, un país donde la industrialización es prácticamente el único método de construcción de viviendas unifamiliares, es tal vez el más conocido. Allí, en 1994 del total de viviendas unifamiliares construidas, el 7% tuvo estructura de acero. Aunque la cifra no parecería significativa, es necesario tener en cuenta que ese valor era prácticamente nulo dos años atrás. Por otra parte, el Instituto Americano del Hierro y el Acero (AISI) está previendo que hacia fines de siglo, el porcentaje de viviendas con estructura de acero liviano alcanzará el 25%, lo cual se demuestra el crecimiento importante de este material versus sus sustitutos.

A.5. ASPECTOS TECNOLÓGICOS

El acero liviano presenta grandes ventajas a la hora de decidir el material de la estructura:

Resistencia mecánica: Además de los beneficios de tener una elevada relación: resistencia/peso, los valores de tensiones de fluencia y rotura son garantizados por los productores y se mantienen independientes de la humedad ambiente y de las condiciones de estibaje.

- **Incombustibilidad:** la estructura de acero es incombustible, constituyendo un elemento adicional a la seguridad ante el fuego de la vivienda, con lo cual se reducen las primas de los seguros por incendio.
- **Versatilidad:** el acero liviano permite la construcción de cualquier tipo de vivienda, inclusive de varios pisos. Puede ser cortado sin dificultad en obra con herramientas usuales en la construcción. Por otra parte, se encuentran disponibles en el mercado gran variedad de tornillos y conectores para materializar las uniones tanto de los miembros estructurales entre sí como de éstos con la platea de fundación.
- **Durabilidad:** por su recubrimiento de zinc, el acero galvanizado por inmersión en caliente brinda prolongada vida útil a la estructura, haciéndola además absolutamente resistente a la acción de termitas, hongos y roedores.

- Estabilidad dimensional: el acero galvanizado no sufre alteraciones por la acción de humedad. No se comba, tuerce o alabea por acción del medio ambiente.

A.6. PROTECCIÓN AMBIENTAL

El acero galvanizado es completamente reciclable, permitiendo su reutilización cuando la vivienda deba ser demolida. Inclusive todo el material de desecho que aparece durante la conformación de los perfiles es completamente reciclable.

A.7. DISPONIBILIDAD

El acero liviano galvanizado se encuentra hoy disponible en el mercado argentino en todas las formas necesarias para materializar una estructura de vivienda: perfiles verticales (studs), horizontales (tracks) y vigas para entrepiso (joists). Estos perfiles son provistos cortados en medidas standard o a largo según pedido, incluyendo los orificios necesarios para el pasaje de las instalaciones. Adicionalmente, se dispone también de proveedores del servicio de panelización.

A.8. ECONOMÍA

Los precios del acero galvanizado nacional hacen de este material una opción muy conveniente para estructuras de viviendas industrializadas, no solamente en referencia a materiales sustitutos sino también con respecto a proveedores externos. Todos estos factores señalan al acero liviano galvanizado como el material de elección en la construcción de estructuras para viviendas industrializadas livianas. La industria siderúrgica de nuestro país, a través de los distintos fabricantes de acero galvanizado, fabricantes de perfiles y panelizadores puede brindar hoy al mercado de la construcción productos y servicios comparables a los que se obtienen en los países avanzados, permitiendo al arquitecto y constructor contar con fuentes de abastecimiento confiables y a precios que se ubican dentro de los niveles internacionales.

Frente a un nuevo sistema constructivo, los técnicos y arquitectos experimentan dudas e inquietudes. Estas dudas e inquietudes se deben muchas veces al desconocimiento que existe respecto de este sistema, pero la aclaración de estas dudas es generalmente sencilla debido a que, en general, los profesionales se encuentran más abiertos a las innovaciones tecnológicas que el cliente y pueden interpretar rápidamente los beneficios que el sistema aporta.

El sistema permite total flexibilidad de diseño: se puede realizar cualquier proyecto, desde los más simples a los más complejos, de planta baja, uno o más pisos. Se pueden construir techos “cola de pato”, bow windows, lucarnas, etc. Asimismo admite cualquier tipo de terminación exterior, inclusive el

ladrillo a la vista y todo tipo de revestimientos interiores: papeles, pintura, cerámicos. El arquitecto puede diseñar sin restricciones. No es imprescindible modular las dimensiones, sin embargo se pueden obtener mayores ventajas del sistema si se conoce la modulación de la estructura, que es cada 0.40 m ó cada 0.60 m según los sistemas.

Asimismo se pueden proyectar grandes vanos, como ser puertas de garaje doble, puertas-ventana, etc.

El sistema permite efectuar ampliaciones, las cuales son más simples si en el proyecto se prevén las posibles alternativas. En cualquier caso, se hayan previsto o no ampliaciones en el proyecto inicial, las tareas se simplifican respecto de la construcción tradicional al no necesitarse materiales húmedos. La obra es más rápida y limpia y en la mayoría de los casos permite continuar habitando la vivienda durante el proceso.

Las reparaciones son sencillas, y como en otros países, pueden ser efectuadas en la mayor parte de los casos por los propios dueños. Simplemente una vez detectada la pérdida se debe cortar la placa de roca de yeso con una sierra manual en la zona reparar. Una vez solucionado el problema se corta una placa de tamaño algo menor a la retirada, se fija con masilla especial, se encinta la junta, se masilla nuevamente y se lija para dar uniformidad. Luego se empapela o pinta la zona afectada. Todo este procedimiento se realiza sin producir escombros ni mezcla húmeda, con lo que se mantiene la limpieza del ambiente.

Tanto la lana de vidrio como los paneles de roca de yeso utilizados en los tabiques son incombustibles y cumplen con las reglamentaciones internacionales y normas IRAM locales referidas a la protección al fuego. La utilización de estructura de acero en vez de madera impide que el fuego se propague a través de la estructura. Las compañías de seguro en los EE.UU. reducen más del 25% las primas de las casas con estructura de acero respecto de las de madera.

Los perfiles de la estructura son de acero galvanizado, es decir acero recubierto con una capa de zinc puro en ambas caras que lo protege de la corrosión. En los sistemas desarrollados en nuestro país, la chapa utilizada tiene un recubrimiento de zinc de 270 gr. /m² en ambas caras, que es 50% superior al exigido por los reglamentos norteamericanos.

Además, los perfiles están encerrados dentro del panel, sin estar en contacto con el medio ambiente exterior e interior de los cuales se encuentran separados por la aislación hidrófuga y por la barrera de vapor interior respectivamente, por lo tanto, al no haber humedad no hay riesgo de corrosión.

A.9. PROPIEDADES DEL MATERIAL

Los recubrimientos que se obtienen por galvanización en caliente están constituidos por varias capas de aleaciones zinc-hierro, fundamentalmente tres, que se denominan “gamma”, “delta” y “zeta” y una capa externa de zinc prácticamente puro (fase “eta”), que se forma al solidificar el zinc arrastrado del baño y que confiere al recubrimiento su aspecto característico gris metálico brillante.

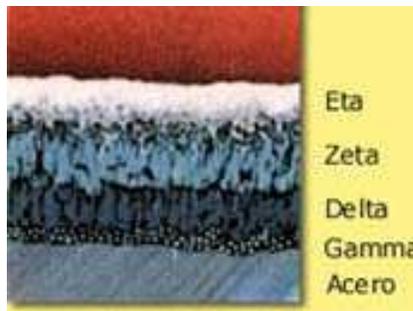


Figura A.1 Propiedades del acero galvanizado.

Al ser recubrimientos obtenidos por inmersión en zinc fundido, cubren la totalidad de la superficie de las piezas, tanto las exteriores como las interiores de las partes huecas así como otras muchas áreas superficiales de las piezas que no son accesibles para otros métodos de protección.

A.9.1. RESISTENCIA A LA ABRASION

Los recubrimientos galvanizados poseen la característica casi única de estar unidos metalúrgicamente al acero base, por lo que poseen una excelente adherencia. Por otra parte, al estar constituidos por varias capas de aleaciones zinc-hierro, más duras incluso que el acero, y por una capa externa de zinc que es más blanda, forman un sistema muy resistente a los golpes y a la abrasión.

A.9.2 RESISTENCIA A LA CORROSION

Los recubrimientos galvanizados proporcionan al acero una protección triple.

- *Protección por efecto barrera.* Aislándole del medio ambiente agresivo.
- *Protección catódica o de sacrificio.* El zinc constituirá la parte anódica de las pilas de corrosión que puedan formarse y se irá consumiendo lentamente para proporcionar protección al acero. Mientras exista recubrimiento de zinc sobre la superficie del acero, éste no sufrirá ataque corrosivo alguno.
- *Restauración de zonas desnudas.* Los productos de corrosión del zinc, que son insolubles, compactos y adherentes, taponan las pequeñas discontinuidades que puedan producirse en el recubrimiento por causa de la corrosión o por daños mecánicos (golpes, arañazos, etc.).

A.9.3 CORROSION ATMOSFERICA

La duración de la protección que proporcionan los recubrimientos galvanizados frente a la corrosión atmosférica es extremadamente alta y depende de las condiciones climatológicas del lugar y de la presencia en la atmósfera de contaminantes agresivos, como son los óxidos de azufre (originados por actividades urbanas o industriales) y los cloruros (normalmente presentes en las zonas costeras).

Duración de la protección proporcionada por los recubrimientos galvanizados en diferentes atmósferas

A.9.3.1 CORROSION EN AGUA DULCE

El acero galvanizado resiste generalmente bien la acción corrosiva de las aguas naturales, ya que el anhídrido carbónico y las sales cálcicas y magnésicas que normalmente llevan en disolución estas aguas ayudan a la formación de las capas de pasivación del zinc, que son inertes e insolubles y aíslan al recubrimiento de zinc del subsiguiente contacto con el agua.

La dilatada experiencia existente en el empleo de acero galvanizado en utilizaciones relacionadas con el transporte y almacenamiento de aguas dulces, son la mejor prueba de que el acero galvanizado tiene una excelente resistencia a la corrosión en este tipo de aguas.

A.9.3.2. CORROSION EN AGUA DE MAR

Los recubrimientos galvanizados resisten bastante bien el ataque corrosivo del agua de mar. Ello se debe a que los iones Mg y Ca presentes en este agua inhiben la acción corrosiva de los iones cloruro y favorecen la formación de capas protectoras.

Ventajas

Las principales ventajas de los recubrimientos galvanizados en caliente pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Duración excepcional.
- Resistencia mecánica elevada.
- Protección integral de las piezas (interior y exteriormente).
- Triple protección: barrera física, protección electroquímica y autocurado.
- Ausencia de mantenimiento
- Fácil de pintar.

COMPONENTES PRINCIPALES DEL SISTEMA FORMACON

a) Perfil Tipo U, Solera

Sus usos son:

- En solera superior y solera inferior.
- En la construcción de vigas y dinteles.
- Como conector, apoyo y refuerzos en general.
- Como elemento de unión.

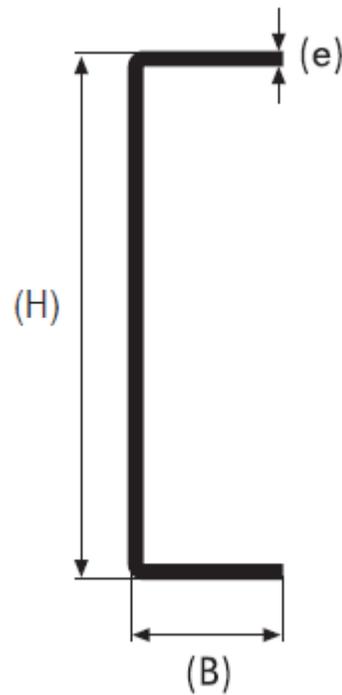


Figura A.2 Perfil Tipo U, Solera

b) Perfil Tipo C, Montante.

Sus usos son:

- Como pie derecho.
- Como atiesador en conexiones y apoyos en general.
- En la construcción de pilares, vigas y cerchas.

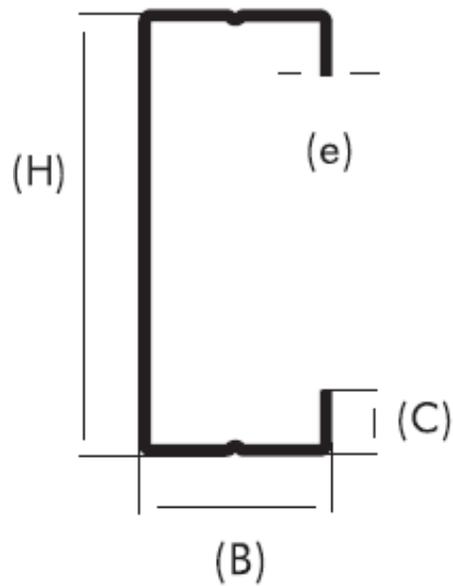


Figura A.3 Perfil Tipo C, Montante

TORNILLOS

- Se recomienda mantener una distancia de espaciado entre los tornillos y el borde de acero de 3 veces el diámetro de estos.
- Para tornillos punta aguda, se recomienda usar atornilladores eléctricos rápidos de más de 4000 rpm de velocidad.
- Para tornillos de punta broca, se recomienda usar atornilladores de velocidad variable entre 0 y 2500 rpm par evitar quemar la punta.
- Longitud de los tornillos: Como línea general se recomienda que el tornillo sea 3/8" a 1/2" más largo que el espesor de los materiales conectados, asegurando que al menos tres hilos queden expuestos y a la vista.
- Ranura de la broca: La longitud de la ranura de la broca determina el espesor del metal que puede ser perforado. La ranura es un canal para remover las virutas durante la perforación. Si la ranura llegara a quedar completamente embebida en el material

Tipos de Cabezas Disponibles

- Cabeza trompeta:

Se usa para fijar todo tipo de placas de yeso, paneles de madera y otros revestimientos, permite obtener superficies planas, suaves y de fácil terminación al quedar la cabeza embutida en el revestimiento.

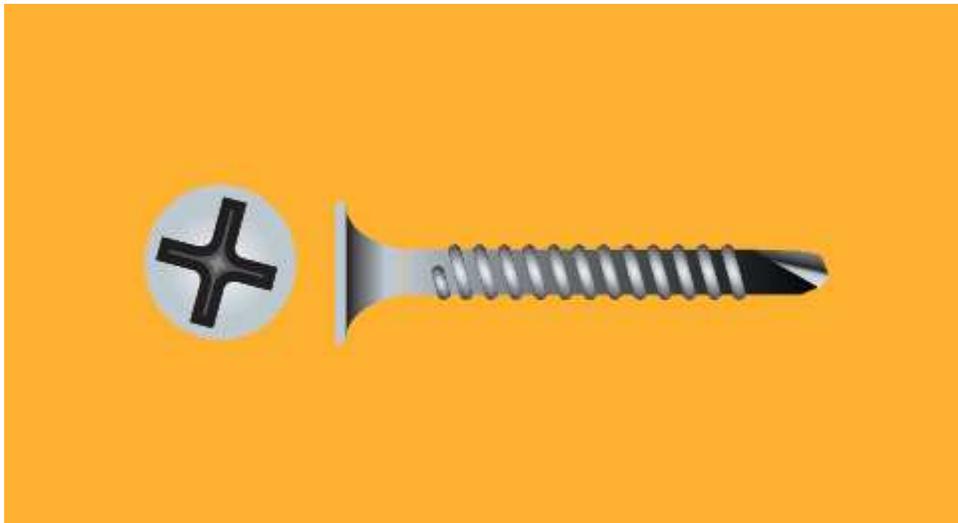


Figura A.4 Tornillo Cabeza trompeta

- Cabeza plana o lenteja:

Denominados tornillos cabeza de lenteja, se usan cuando no se desea que la cabeza interfiera con el revestimiento especialmente si este es rígido.



Figura A.5 Tornillo Cabeza Plana

- Cabeza Hexagonal:

Usados preferentemente para penetrar aceros de mayor espesor, al ser la cabeza con 6 puntos de apoyo, entrega un muy buen torque asegurando mayor estabilidad durante la operación de colocación. La cabeza es normalmente de 5/16" y en aplicaciones de mayor espesor de 3/8".

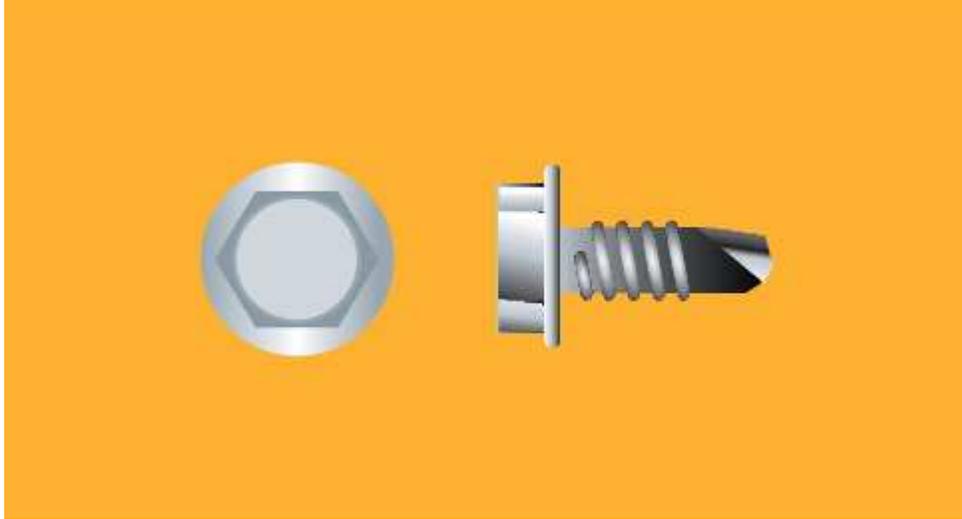


Figura A.6 Tornillo Cabeza Hexagonal

ANEXO B

B.1. PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL TABLERO OSB

		Método	OSB 9,5mm	OSB 11,1mm	OSB 15,1mm	OSB 18,3mm
Flexión Estática		ASTM E-661				
	MOE Paralela		37.332 Kg/cm ²	35.264 Kg/cm ²	44.338 Kg/cm ²	54.535 Kg/cm ²
	MOE Normal		14.668 Kg/cm ²	8.396 Kg/cm ²	12.764 Kg/cm ²	22.344 Kg/cm ²
	MOR Paralela		222 Kg/cm ²	191 Kg/cm ²	216 Kg/cm ²	312 Kg/cm ²
	MOR Normal		115 Kg/cm ²	68 Kg/cm ²	97 Kg/cm ²	160 Kg/cm ²
Compresión		ASTM D 3501-90				
	Paralela		102 Kg/cm ²	120 Kg/cm ²	152 Kg/cm ²	- Kg/cm ²
	Normal		112 Kg/cm ²	97 Kg/cm ²	176 Kg/cm ²	- Kg/cm ²
Tracción		ASTM D 1037-91				-
	Paralela		81,0 Kg/cm ²	88 Kg/cm ²	90 Kg/cm ²	- Kg/cm ²
	Normal		44,0 Kg/cm ²	50 Kg/cm ²	42 Kg/cm ²	- Kg/cm ²
Cizalle a través del espesor		Möhler y Ehbeck				-
	Paralela		70,0 Kg/cm ²	66 Kg/cm ²	112 Kg/cm ²	- Kg/cm ²
	Normal		82,0 Kg/cm ²	74 Kg/cm ²	134 Kg/cm ²	- Kg/cm ²
Extracción Lateral del Clavo		CSA 0437.1-93				
	Paralela		916 N	1.018 N	1620 N	- N
	Normal		1.201 N	1.281 N	2308 N	- N
Extracción Directa del Clavo		CSA 0437.1-93				
	Paralela al eje en cara tablero		48 N	279 N	94,4 N	- N

MOR = Modulo de Ruptura
 MOE = Modulo de Elasticidad

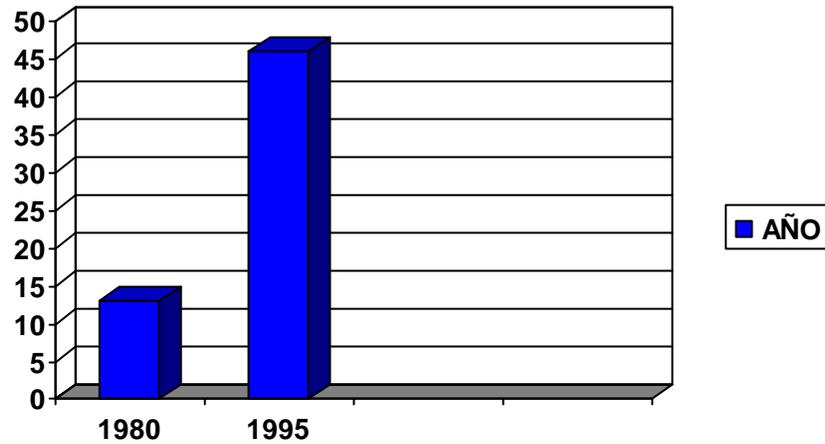
Figura B.1 Propiedades mecánicas del tablero OSB

B.2. PRODUCCION DEL TABLERO OSB

El tablero OSB fue producido comercialmente por primera vez a principios de 1980, y en la actualidad se encuentra bien establecido en la industria de la construcción, y es reconocido dentro del Código Nacional Canadiense de la Construcción de 1990 (N.B.C.C.).

Estados Unidos es lejos el mayor productor de tableros OSB en el mundo, seguidos de Canadá y Europa. A fines de 1995, un total de 46 plantas se encontraban en actividad en Norteamérica, localizándose 32 de estas en Estados Unidos y 14 en Canadá. La fuerte expansión queda de manifiesto al comparar dicho número con el existente en 19

80, que llegaba solo a las 13 plantas. En 1993, la producción de tableros OSB en Norteamérica llegó a 8,2 millones de m³, de los cuales un 69,5 % se originó en Estados Unidos y un 30,5 % en Canadá.



La evolución registrada por la producción total de tableros de OSB es notable, en los últimos 15 años se ha incrementado a una tasa promedio anual superior a un 20 % destacando la industria estadounidense cuya producción ha aumentado mas de 50 veces en dicho periodo.

Las proyecciones para los próximos años indican que la tendencia de los OSB continuara presentando un ritmo similar de crecimiento, desplazando aun más los contrachapados en el mercado de los tableros estructurales.

B.2.1. TABLEROS ORIENTED STRAND BOARDS (OSB)

Son tableros formados as base de partículas llamadas “strands” (hebras u hojuelas), las cuales se orientan mecánicas o electrostáticas, formando capas delgadas dentro del tablero. El tablero de fibras orientadas (OSB) esta hecho con capas superficiales orientadas en dirección longitudinal del panel. Las capas interiores pueden estar alineadas en forma cruzada u orientadas al azar. De esta manera, el producto puede estar formado por tres o cinco capas dispuestas perpendicularmente entre si. Las hebras son encoladas y prensadas en caliente, empleándose una resina fenólica, ya que estos tableros son utilizados estructuralmente y en exteriores.

El hecho de que las partículas estén orientadas, significa un aumento de las propiedades mecánicas en un sentido, en detrimento del otro, en comparación con un tablero que no tenga las partículas.

Las hebras u hojuelas que conforman estos tableros poseen una cierta razón largo: ancho.

B.3. COSTOS DE PRODUCCION Y DE INVERSION

Estudios efectuados por diversos autores, entre ellos lo más recientes Fuller y Youngquist muestran que los costos de producción de los tableros OSB son claramente inferiores en relación los contrachapados.

Las principales ventajas de los costos de producción de los tableros OSB, se concentran en los siguientes ítem: costos de la madera, de la mano de obra y sus requerimientos, y costos de capital de la planta y de lo equipos. La principal desventaja con respecto a los costos para producir estos tableros esta en los adhesivos.

B.4. VENTAJAS DE LOS TABLEROS OSB

Los tableros estructurales de OSB, poseen resistencia mecánica y durabilidad inherentes a los mismos. Debido a su rigidez poco común se les puede utilizar con menos bastidores o arriostramientos, a diferencia de otros materiales utilizados para la misma aplicación. Resisten a la flexión, deformación y daños provocados por impactos, Gracias a su resistencia al agrietamiento, los tableros estructurales OSB poseen excelentes propiedades de sujeción y se pueden clavar muy cerca de sus bordes.

Estos tableros también poseen una gran estabilidad dimensional, resistencia al pandeo y a la hinchazón causada por la absorción de humedad o los cambios de temperaturas.

Entre otras de las propiedades y ventajas se incluyen:

➤ **Propiedades Térmicas**

La conducción de calor en la madera depende de la conductividad térmica y de su calor específico.

- Conductividad.

Es la capacidad que tiene un material para transmitir el calor y se representa por el coeficiente de conductividad interna, el cual se define como la cantidad de calor que atraviesa por hora, en estado de equilibrio, un cubo de 1 metro de arista, desde una de sus caras a las opuesta, cuando entre estas existe una diferencia de temperatura de 1° C.

En general, el flujo de calor en los revestimientos y diafragmas, se produce en dirección normal a la fibra, por tal razón la conductividad térmica se mide en dicha dirección.

La conductividad térmica a lo largo de las fibras es dos a tres veces mayor que en dirección perpendicular a las fibras.

- Calor específico.

El calor específico de la madera es un 50 % más alto que el correspondiente al aire y 4 veces mayor que el cobre. El calor específico se incrementa cuando la madera contiene agua (mayor humedad) debido a que la densidad de calor necesaria para aumentar en 1° C. un gramo de agua contenida en la madera, es mayor que la correspondiente a la madera anhidra.

Al efecto combinado de la conductividad térmica y el calor específico de un material se le identifica como difusibilidad térmica que se define como la razón entre la conductividad térmica y el producto formado por la densidad y el calor específico.

Este concepto expresa la velocidad con la cual la madera puede absorber calor del medio donde ella se encuentra. Debido al bajo calor de la conductividad térmica de la madera y a su relativamente alto calor específico se obtiene que ella absorbe calor muy lentamente. Esto explica el porque, cuando se toca madera, ella no presenta una superficie muy fría ni demasiado caliente como es el caso de otros materiales.

La alta resistencia que ofrece la madera al paso del calor a través de ella, la convierte en un buen aislante térmico y en un material resistente a la acción del fuego.

➤ **Propiedades Acústicas.**

La acústica es la ciencia de todos los sonidos audibles, necesarios para el hombre. El control de los sonidos necesarios para el ser humano, en el interior de una habitación, es identificado como la acústica de tal habitación. El control de los sonidos innecesario en el interior de un edificio es denominado como el aislamiento de tal edificio.

La madera como material de construcción, juega un rol importante en la acústica de las habitaciones y en el aislamiento de los edificios.

Una propiedad importante de la madera es su capacidad para amortiguar las vibraciones sonoras. Su estructura celular porosa transforma la energía sonora en energía calórica debido al roce y a la resistencia viscosa del medio. Esto hace que la madera absorba el sonido y reduzca la tendencia, que en general tienen las estructuras, de transmitir las vibraciones a grandes distancias. Otra consecuencia de lo anterior es la reducción de la magnitud de vibraciones resonantes, mejorando con ello el comportamiento de la madera en superficies de reflexión tales como muros y pisos.

➤ **Facilidad para el trabajo.**

Los tableros OSB están diseñados para estar libres de nudos, grietas y otras irregularidades, lográndose tableros estables y uniformes que pueden ser manipulados fácilmente y usados por ambas caras.

Estos tableros pueden ser clavados, atornillados, pegados, cortados y al mismo tiempo trabajado con las herramientas habituales para madera, es decir, lijadoras, taladros, fresas, etc.

Los tableros OSB (Oriented Strand Board), son tableros estructurales formados por hojuelas rectangulares de madera, dispuestas en capas perpendiculares, unas con otras. Cabe destacar que si un tablero no posee laminación cruzada por diseño, este presentará debilidades estructurales aleatorias imposibles de predecir, según Louisiana Pacific (2004).

Las hojuelas son mezcladas con ceras y adhesivos para posteriormente ser sometidas a altas temperaturas y presiones, dando origen a los tableros OSB estructurales de 8 x 16 pies, 1,22 x 2,44mt que poseen las características de resistencia y rigidez que resultan de la laminación cruzada de las capas.

Los tableros son luego dimensionados, sellados en sus cantos, y embalados en pallets.

Como resultado se obtienen tableros libres de nudos y grietas, estables y uniformes.

Además se destaca que la superficie de una de las caras es rugosa otorgando una característica antideslizante (techos) y/o mayor área específica de adherencia (muros y pisos). La familia de tableros OSB estructurales para la vivienda cuenta con distintos tipos de productos, dependiendo del grado de protección que se requiera contra termitas y hongos. Esta protección dependerá de la concentración de aditivos, como el Borato de Zinc (inofensivo para el ser humano), que posean los distintos tableros. (Louisiana Pacific 2004). En Chile, se utilizan maderas provenientes de raleos efectuados en la zona sur del país, las especies utilizadas son el Coigüe (*Nothofagus Nombeyi*), Roble (*nothofagus oblicua*), y Raulí (*nothofagus alpina*). (Louisiana Pacific 2004).

El tablero está técnicamente desarrollado para fabricar estructuras de alta calidad, resistentes y con alto rendimiento en la construcción. Se puede trozar, perforar, clavar, atornillar, cepillar y lijar, utilizando herramientas comunes. No requiere de un tratamiento especial, sino que el mismo grado de atención que se le da a cualquier elemento formado en base a madera.

B.5. DEFINICION DE LOS TABLEROS OSB PARA USO ESTRUCTURAL

Se entiende por tablero OSB para uso estructural, un tablero ingenieril con propiedades físicas, mecánicas y de adhesión, conocidas.

Las propiedades físicas que se deben conocer son:

- Contenido de humedad.
- Densidad o peso específico.
- Dureza.
- Hinchamiento del espesor.
- Expansión lineal.

Las propiedades mecánicas que se deben determinar son:

- Tracción.
- Compresión.
- Flexión estática.
- Cizalle a través del espesor.
- Resistencia lateral del clavo.
- Extracción directa del clavo.
- Extracción desde la cabeza del clavo.

Las propiedades de adhesión que se deben determinar son:

- Unión interna.
- Durabilidad de la unión.

Raichich (2001) establece que si a un tablero se le desconocen las propiedades mencionadas anteriormente, entonces no es posible el cálculo para uso estructural y por lo tanto a dicho tablero no se le puede definir como de uso estructural.

Mayor velocidad de construcción,

- Permite eliminar cadenas y diagonales,
- Los productos LP no producen Silicosis al trabajar o exponerse a ellos, ya que no contienen Sílice.
- No requiere herramientas especiales.
- Permite industrialización de la vivienda.
- Respaldo de un líder mundial en la fabricación de productos para la construcción

B.6. GRADO DE EXPOSICION

Los tableros OSB, no están diseñados para ser utilizados en forma desprotegida.

Sin embargo, tiempos normales de exposición a las condiciones climáticas no dañan las características estructurales de los tableros.

El tablero de virutas orientadas OSB (Oriented Strand Board) es un producto derivado de la madera de concepción técnica avanzada, elaborado a partir de virutas de madera, las cuales son unidas mediante una cola sintética; las virutas son posteriormente prensadas sometiéndolas a unas presiones y temperaturas determinadas. Las virutas que conforman el tablero van dispuestas en capas perfectamente diferenciadas y orientadas: las capas exteriores son orientadas generalmente en dirección longitudinal mientras que las virutas de las capas internas son orientadas en dirección perpendicular a la longitud del tablero.

La madera utilizada en la producción del tablero OSB, en su mayoría es de coníferas (pino y abeto) y en menor medida, madera de frondosas. Las virutas son cortadas tangencialmente a partir de los troncos de madera previamente descortezados, por medio de cuchillas dispuestas en tambores rotatorios, introducidos estos troncos en dirección longitudinal; las partículas obtenidas en el proceso anterior tienen un ancho aproximado de 75mm, siendo posteriormente reprocesadas hasta tener un tamaño final típico entre 5 y 10 mm de ancho y de 100 a 120mm de largo, esta longitud siempre en dirección de la fibra.

Una vez secas las virutas son encoladas con una resina sintética por medio de un proceso de pulverización, siendo ésta del tipo Fenol-Formaldehído (PF), Urea-Formaldehído-Melamina (MUF), Di-isocianato (PMDI) o la mezcla binaria de las anteriores. En Europa lo más común es encontrar una mezcla de resinas, las del tipo PMDI para las virutas de la capa media mientras que las MFU se destinan a las capas externas.

Debido a su apariencia, el tablero OSB es perfectamente identificable debido al tamaño de las virutas y a su orientación en la superficie del tablero. Sin embargo, no siempre la orientación es visualmente aparente sobre todo si se trata de piezas pequeñas de tablero OSB. Las principales ventajas del tablero OSB residen en el campo de sus propiedades mecánicas, que están directamente relacionadas con la geometría de las virutas así como con su orientación en el tablero. Aunque el OSB está constituido de virutas relativamente largas, su superficie es maciza y relativamente lisa, pudiendo ser mejorada cuando se lija, sin perder el aspecto estético característico único del OSB.

El tablero OSB varía en su color en función de la especie de madera utilizada en su proceso de fabricación, del sistema de encolado utilizado o de las condiciones de prensado, desde un color amarillo paja hasta un marrón suave.

Las dimensiones más comunes del tablero OSB son 2440 x 1200mm, 2440mm x 1220mm y 2500mm x 1250mm, en espesores que van desde 6mm hasta 40mm. No obstante, dependiendo del suministrador del tablero, es posible conseguir otros tamaños bajo pedido; los tableros OSB son producidos con cantos lisos o machihembrados.

La densidad del tablero (y consecuentemente su peso) varía dependiendo de cada producto, concretamente de la especie de madera utilizada en su producción y de las condiciones de fabricación. La densidad típica del tablero se sitúa entre 600 y 680kg/m³. Así, por ejemplo, un tablero de dimensiones 2400mm x 1200mm x 12mm pesará aproximadamente 20kg.

Debido a sus excelentes propiedades físico-mecánicas y la orientación de sus virutas, el tablero OSB es un producto particularmente indicado para aplicaciones estructurales en la construcción, siendo éste utilizado de forma importante como soporte para pavimentos, revestimiento de paredes y de techos estructurales. Sin embargo el tablero OSB no sólo se aplica en la construcción estructural. Existe una amplia gama de aplicaciones en la que el tablero OSB puede ser utilizado como producto derivado de la madera.

B.7. INTRODUCCION DEL OSB EN CHILE, HITO EN EL DESARROLLO INDUSTRIAL

La producción de tableros denominados OSB (oriented strand board), en que las partículas de cada capa quedan orientadas en forma perpendicular, unas a las otras, imitando el efecto de los contrachapados. Para lograr la orientación se trabaja con partículas de gran tamaño y alargadas.

La orientación se provoca por medio de rodillos especiales y tamices con ranura alargadas. Los tableros OSB, tiene propiedades diferentes a los tableros normales y extruidos. En estudios de comparación de propiedades entre tableros de partículas normales y tableros OSB, se aprecia un notable mejoramiento de los tableros de las propiedades de flexión, en el caso del hinchamiento se tienen valores menores, en la resistencia registrada para la tracción en ambos tipos son semejantes.

Un aspecto más interesante de los tableros OSB, es que se pueda fabricar con cualquier especie de madera y las partículas mezcladas con aditivos y adhesivos especiales hacen al tablero OSB especial para el uso en ambientes húmedos.

Los paneles de OSB tienen la ventaja de ser más económicos con la relación a las alternativas constructivas tradicionales.

La tecnología de construcción basada en tableros de OSB ha entusiasmado a empresas chilenas para adoptar sus procesos a los sistemas de producción de casas industrializadas de madera completamente terminadas, es decir, la producción en serie de casas.

B.8. APA (The Engineered Wood Association)

Los tableros que llevan impreso el sello APA, están certificados por esta agencia de control externo en cuanto a sus propiedades físicas mecánicas, para ser utilizados en construcción de viviendas, de acuerdo a la profunda y exigente normativa de construcción de USA y Canadá. El sello APA certifica que los productos cumplen con el estándar exigido y solo aparecen en los productos fabricados por las plantas miembros de esta asociación.

APA a diferencia de otras certificaciones Nacionales y/o Internacionales respalda la calidad estructural de cada tablero en la línea de producción obligando al productor a mantener a lo largo del tiempo, su calidad en todo el proceso productivo, ya que de fallar perderá el sello APA.

Adicionalmente los tableros cuentan con certificación de los más prestigiosos laboratorios del país como lo son Instituto de investigación y ensayos de materiales de la Universidad de Chile (IDIEM), Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Pontificia Universidad Católica de Chile (DICTUC). Laboratorio de investigación de materiales de la Universidad de Santiago (LIMUS), y el museo Nacional de Historia Natural.

C.1 TABLA CARGA V/S DEFORMACION CON CALCULO DE VALORES PARA SU CORRESPONDIENTE ANALISIS ESTADISTICO. MONTANTES SEPARADOS A 60 CM

CARGA(Horizontal)Yi	DEFORMACION(Horizontal)Xi	x-xi	y-yi	(x-xi)2	(y-yi)2	(x-xi)(y-yi)	x2	y2	xy
0,00	0,00	5,80	1014,70	33,64	1029616,09	5885,26	0,00	0,00	0,00
93,47	0,90	4,90	921,23	24,01	848664,71	4514,03	0,81	8736,64	84,12
152,36	1,20	4,60	862,34	21,16	743630,28	3966,76	1,44	23213,57	182,83
156,96	1,30	4,50	857,74	20,25	735717,91	3859,83	1,69	24636,44	204,05
211,25	1,50	4,30	803,45	18,49	645531,90	3454,84	2,25	44626,56	316,88
218,56	1,60	4,20	796,14	17,64	633838,90	3343,79	2,56	47768,47	349,70
233,04	1,70	4,10	781,66	16,81	610992,36	3204,81	2,89	54307,64	396,17
299,75	2,10	3,70	714,95	13,69	511153,50	2645,32	4,41	89850,06	629,48
331,72	2,20	3,60	682,98	12,96	466461,68	2458,73	4,84	110038,16	729,78
350,58	2,30	3,50	664,12	12,25	441055,37	2324,42	5,29	122906,34	806,33
387,92	2,40	3,40	626,78	11,56	392853,17	2131,05	5,76	150481,93	931,01
538,30	3,40	2,40	476,40	5,76	226956,96	1143,36	11,56	289766,89	1830,22
576,90	3,50	2,30	437,80	5,29	191668,84	1006,94	12,25	332813,61	2019,15
594,42	3,60	2,20	420,28	4,84	176635,28	924,62	12,96	353335,14	2139,91
666,75	4,10	1,70	347,95	2,89	121069,20	591,52	16,81	444555,56	2733,68
703,45	4,30	1,50	311,25	2,25	96876,56	466,88	18,49	494841,90	3024,84
776,85	4,70	1,10	237,85	1,21	56572,62	261,64	22,09	603495,92	3651,20
784,36	4,60	1,20	230,34	1,44	53056,52	276,41	21,16	615220,61	3608,06
800,15	4,50	1,30	214,55	1,69	46031,70	278,92	20,25	640240,02	3600,68
860,70	5,00	0,80	154,00	0,64	23716,00	123,20	25,00	740804,49	4303,50
957,19	5,30	0,50	57,51	0,25	3307,40	28,76	28,09	916212,70	5073,11
978,70	5,80	0,00	36,00	0,00	1296,00	0,00	33,64	957853,69	5676,46
1621,50	9,00	-3,20	-606,80	10,24	368206,24	1941,76	81,00	2629262,25	14593,50
1708,50	9,50	-3,70	-693,80	13,69	481358,44	2567,06	90,25	2918972,25	16230,75
1840,54	9,80	-4,00	-825,84	16,00	682011,71	3303,36	96,04	3387587,49	18037,29
1969,60	11,20	-5,40	-954,90	29,16	911834,01	5156,46	125,44	3879324,16	22059,52
2001,90	11,00	-5,20	-987,20	27,04	974563,84	5133,44	121,00	4007603,61	22020,90
2104,56	11,60	-5,80	-1089,86	33,64	1187794,82	6321,19	134,56	4429172,79	24412,90
2391,65	13,50	-7,70	-1376,95	59,29	1895991,30	10602,52	182,25	5719989,72	32287,28
2538,34	13,90	-8,10	-1523,64	65,61	2321478,85	12341,48	193,21	6443169,96	35282,93
2723,89	14,30	-8,50	-1709,19	72,25	2921330,46	14528,12	204,49	7419576,73	38951,63
2896,68	15,80	-10,00	-1881,98	100,00	3541848,72	18819,80	249,64	8390755,02	45767,54
32470,54	185,60			655,64	23343121,34	123606,23	1732,12	56291120,33	311935,36
y prom=		1014,70							
x prom=		5,80							

C.2 TABLA CARGA V/S DEFORMACION CON CALCULO DE VALORES PARA SU CORRESPONDIENTE ANALISIS ESTADISTICO. MONTANTES SEPARADOS A 40 CM

CARGA(Horizontal)Yi	DEFORMACION(Horizontal)Xi	x-xi	y-yi	(x-xi)2	(y-yi)2	(x-xi)(y-yi)	x2	y2	xy
0,00	0,00	5,72	1098,88	32,72	0,00	6286,18	0,00	0,00	0,00
130,77	1,10	4,62	968,11	21,35	17100,79	4473,18	1,21	17100,79	143,85
152,64	1,20	4,52	946,24	20,44	23298,97	4277,51	1,44	23298,97	183,17
172,71	1,30	4,42	926,17	19,54	29828,74	4094,16	1,69	29828,74	224,52
195,28	1,40	4,32	903,60	18,67	38134,28	3904,03	1,96	38134,28	273,39
216,60	1,50	4,22	882,28	17,81	46915,56	3723,69	2,25	46915,56	324,90
273,93	1,90	3,82	824,95	14,60	75037,64	3151,75	3,61	75037,64	520,47
334,44	2,20	3,52	764,44	12,39	111850,11	2691,23	4,84	111850,11	735,77
344,52	2,10	3,62	754,36	13,11	118694,03	2731,18	4,41	118694,03	723,49
365,84	2,20	3,52	733,04	12,39	133838,91	2580,69	4,84	133838,91	804,85
382,41	2,30	3,42	716,47	11,70	146237,41	2450,71	5,29	146237,41	879,54
408,14	2,40	3,32	690,74	11,03	166578,26	2293,62	5,76	166578,26	979,54
424,35	2,50	3,22	674,53	10,37	180072,92	2172,34	6,25	180072,92	1060,88
472,44	2,70	3,02	626,44	9,12	223199,55	1892,18	7,29	223199,55	1275,59
494,98	2,80	2,92	603,90	8,53	245005,20	1763,71	7,84	245005,20	1385,94
556,31	3,30	2,42	542,57	5,86	309480,82	1313,31	10,89	309480,82	1835,82
581,82	3,20	2,52	517,06	6,35	338514,51	1303,27	10,24	338514,51	1861,82
664,32	3,60	2,12	434,56	4,50	441321,06	921,50	12,96	441321,06	2391,55
822,78	4,40	1,32	276,10	1,74	676966,93	364,60	19,36	676966,93	3620,23
885,76	4,60	1,12	213,12	1,26	784570,78	238,81	21,16	784570,78	4074,50
920,16	4,80	0,92	178,72	0,85	846694,43	164,52	23,04	846694,43	4416,77
927,63	4,90	0,82	171,25	0,67	860497,42	140,52	24,01	860497,42	4545,39
1239,96	6,30	-0,58	-141,08	0,34	1537500,80	81,75	39,69	1537500,80	7811,75
1242,09	6,70	-0,98	-143,21	0,96	1542787,57	140,27	44,89	1542787,57	8322,00
1388,97	7,10	-1,38	-290,09	1,90	1929237,66	400,17	50,41	1929237,66	9861,69
1431,84	7,20	-1,48	-332,96	2,19	2050165,79	492,60	51,84	2050165,79	10309,25
1544,64	8,20	-2,48	-445,76	6,15	2385912,73	1105,25	67,24	2385912,73	12666,05
1577,70	8,00	-2,28	-478,82	5,20	2489137,29	1091,46	64,00	2489137,29	12621,60
1666,36	8,30	-2,58	-567,48	6,65	2776755,65	1463,80	68,89	2776755,65	13830,79
1775,87	8,70	-2,98	-676,99	8,88	3153714,26	2017,07	75,69	3153714,26	15450,07
1806,85	9,50	-3,78	-707,97	14,28	3264706,92	2675,75	90,25	3264706,92	17165,08
1968,21	10,30	-4,58	-869,33	20,97	3873850,60	3981,07	106,09	3873850,60	20272,56
2135,40	10,50	-4,78	-1036,52	22,84	4559933,16	4954,02	110,25	4559933,16	22421,70
2305,96	11,30	-5,58	-1207,08	31,13	5317451,52	6734,87	127,69	5317451,52	26057,35
2437,47	12,10	-6,38	-1338,59	40,70	5941260,00	8539,49	146,41	5941260,00	29493,39
2519,16	12,30	-6,58	-1420,28	43,29	6346167,11	9344,69	151,29	6346167,11	30985,67
2647,17	13,10	-7,38	-1548,29	54,46	7007509,01	11425,56	171,61	7007509,01	34677,93
2665,98	12,80	-7,08	-1567,10	50,12	7107449,36	11094,24	163,84	7107449,36	34124,54
2775,01	14,30	-8,58	-1676,13	73,61	7700680,50	14380,30	204,49	7700680,50	39682,64
42856,47	223,10			638,66	74798058,25	132855,03	1914,91	74798058,25	378016,02
y prome=		1.098,88							
x prome=		5,72							

ANEXO D

ESTADO DEL ARTE

Los perfiles de acero galvanizado de bajo espesor se introdujeron en el país por la empresa FORMAC, a partir del año 1997, basándose en la información y estudios que fueron desarrollados en Estados Unidos, hasta el día de hoy no existe documentos de ensayos que hayan sido efectuados en el país con respecto a calculo de rigidez de estos tableros de perfiles metálicos galvanizados de bajo espesor revestidos con tableros de 11,1 mm de espesor y que están siendo ocupados por las empresas constructoras en un alto porcentaje en la construcción de casas e incluso edificios.

En los manuales de los principales fabricantes no existe estudios para efectuar diseño de muros de corte, estos se diseñan como un sándwich, conformado de tablero estructural de OSB mas perfil galvanizado liviano y finalmente tablero estructural de OSB. La empresa FORMAC mostró gran interés por contar con estos estudios, por lo que auspició esta tesis con la cantidad de perfiles necesario para la realización de ésta.