

**GENERACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA CLASE DE DISEÑO DE
ESTRUCTURAS METÁLICAS**

RONALD KADYD ARENAS GONZÁLEZ

ESCUELA DE
INGENIERIA
Civil

Universidad
Industrial de
Santander



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2006

**GENERACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA CLASE DE DISEÑO DE
ESTRUCTURAS METÁLICAS**

Autor:

RONALD KADYD ARENAS GONZÁLEZ

Director del proyecto de grado

Ing. DALTON MORENO

Docente Escuela de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2006**

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	2
2. OBJETIVOS	2
2.1 OBJETIVO GENERAL	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3. JUSTIFICACIÓN	4
4. METODOLOGÍA DEL PROYECTO.	5
5. EJEMPLO TIPO PARA EL DESARROLLO DE UN PROYECTO DE CUBIERTA	6
5.1 Generalidades.	9
5.2 Partes de una Cubierta	12
5.3 Estructura de madera	13
5.4 Estructura de Metal.	16
6. GENERALIDADES DEL DISEÑO.	19
6.1 INTRODUCCIÓN.	19
6.1.1 La Durabilidad.	19
6.1.2 Resistencia y Estabilidad.	20
6.1.3 Deformaciones.	20
6.1.4 Aislamiento Térmico.	20
6.1.5 Aislamiento Acústico.	21
6.1.6 Protección contra Incendios	21
6.1.7 Iluminación y Orientación.	22
6.1.8 Ventilación y Calefacción.	22
6.1.9 Impermeabilización.	22
6.2 CONFIGURACIÓN DEL LOTE Y CARACTERÍSTICAS DE LA CUBIERTA	23
6.3 CÁLCULO DE CARGA MUERTA	27
6.3.1 Carga por Teja.	28

6.3.2 Carga Muerta por Teja (D):	28
6.3.4 Carga Viva (L)	28
6.4 CARGA DE VIENTO.	30
6.5 CORREAS	34
6.5.1. Correas.	34
6.5.3. <i>Transmisión de Cargas a las Correas.</i>	36
6.5.4. Correa Escogida.	37
6.5.5. Carga muerta que le Corresponde a las Correas.	39
6.5.6. Carga Viva que le corresponde a las Correas	40
6.5.7. Carga de Viento que le corresponde a las Correas.	41
6.5.8. Carga y Dirección de Fuerzas para las Correas	42
6.5.9. Cargas para Correas intermedias.	43
6.5.10. Cargas para Correas en lo extremos	43
6.6 CHEQUEO DE LA CORREA TIPO INTERMEDIA.	45
6.6.1 Combinaciones y Mayoración de Cargas.	45
6.6.2 Comprobación del Esfuerzo Admisible Vs. Esfuerzo de la Fibra más Alejada del Centroide.	47
6.6.3 Comprobación del Esfuerzo Admisible Vs. Esfuerzo de la Fibra más Alejada del Centroide.	51
6.6.4 Diseño de la Correa de los extremos.	53
6.6.5 Diseño de Correas de los extremos	54
6.7 DISEÑO DE LA CELOSÍA PARA LA CORREA INTERMERDIA.	588
6.7.1 Diseño de la Celosía normal.	58
6.7.2 Diseño de la Celosía tangencial.	60
6.8 CERCHA	62
6.8.1 TIPOS DE CONFIGURACIÓN	63
6.8.2 Partes de una Armadura	63
6.8.3 Peso de la Cercha.	64
6.8.4 Carga y dirección de fuerzas para las Cerchas.	66
6.9. COMPONENTES DE LAS FUERZAS DE VIENTO.	67
6.9.1 Cargas que le corresponden a una Cercha intermedia.	68
6.9.2 Cargas que le corresponden a una Cercha del extremo.	69
6.9.3 Combinaciones para Cerchas	70
6.9.4 Esquema de la Cercha:	71
6.9.6 Chequeo del Cordón superior.	72
6.9.7 Pandeo Flector	72
6.9.8 Resistencia de Diseño a Compresión por Pandeo Flexo-Torsor	74

6.10 DISEÑO A TENSION	77
6.10.1 Análisis de Fluencia por Area Bruta	77
6.10.2 Análisis por Rotura	77
6.10.3 Análisis para el Area Neta Efectiva	78
6.10.4 Análisis por Bloque de Cortante.	79
7. CONCLUSIONES.	81
8. RECOMENDACIÓN.	82
9. BIBLIOGRAFÍA.	83
10. ANEXOS	85

TABLA DE FIGURAS

FIGURA NO 1 FORMA DE LA CUBIERTA	11
FIGURA NO 2 PARTES DE LA CUBIERTA.....	12
FIGURA NO 3 CERCHAS Y CORRAS DE MADERA.....	13
FIGURA NO 4 CERCHAS Y CORRAS DE MADERA.....	17
FIGURA NO 5 ESTRUCTURA TIPO BODEGA PARA EL PROYECTO.....	18
FIGURA NO 6 ORDEN DE TRANSMISIÓN DE CARGAS.....	24
FIGURA NO 7 TIPO DE TEJA Y RECOMENDACIONES DE USO.....	25
FIGURA NO 8 TRASLAPO Y DISTANCIA ENTRE CORREAS.....	25
FIGURA NO 9 TRANSMISIÓN DE CARGAS: TEJA, CORREA, CERCHA.....	27
FIGURA NO 10 CARGA DISTRIBUIDA SOBRE TEJA.....	28
FIGURA NO 11 CARGA DE VIENTO SEGÚN NSR 98.....	31
FIGURA NO 12 TRANSMISIÓN DE CARGA POR ÁREA AFERENTE.....	36
FIGURA NO 13 CARGA DISTRIBUIDA SOBRE CORREA.....	37
FIGURA NO 14 CORREA TIPO Y SECCIÓN TRANSVERSAL.....	38
FIGURA NO 15 CARGA DISTRIBUIDA SOBRE CORREA.....	39
FIGURA NO 16 CARGA MUERTA QUE LE CORRESPONDE A LAS CORREAS INTERMEDIAS.....	40
.....
FIGURA NO 17 LONGITUDES AFERENTES QUE CORRESPONDEN A LAS CORREAS.....	41
FIGURA NO 18 CARGA Y DIRECCIÓN DE FUERZAS PARA LAS CORREAS.....	42
FIGURA NO 19 ESQUEMA GENERAL DE LAS CORREAS.....	44
FIGURA NO 20 DIRECCIÓN DE LAS FUERZAS Y RESULTANTE DE LA SUMATORIAS.....	47
FIGURA NO 21 MOMENTOS DEBIDO A LAS CARGAS TANGENCIALES Y NORMALES.....	48
FIGURA NO 22 SECCIÓN TRASVERSAL DE LAS CORREAS.....	48
FIGURA NO 23 CALCULO DE CENTROIDE DE CORREA INTERMEDIA.....	49
FIGURA NO 24 DISEÑO DE CORREAS DE LOS EXTREMOS.....	54
FIGURA NO 25 CORREA DE LOS EXTREMOS.....	54
FIGURA NO 26 CALCULO DE CENTROIDE DE CORREA EXTREMA.....	55
FIGURA NO 27 REACCIONES EN LOS APOYOS DEBIDO A LA CARGA NORMAL.....	57
FIGURA NO 28 FUERZAS INTERNAS EN LOS NODOS.....	57
FIGURA NO 29 DISEÑO DE LA CELOSÍA NORMAL.....	58
FIGURA NO 30 DISEÑO DE LA CELOSÍA TANGENCIAL.....	60
FIGURA NO 31 DISEÑO DE LA CELOSÍA TANGENCIAL.....	61
FIGURA NO 32 DISEÑO FINAL DE CELOSÍA.....	62
FIGURA NO 33 PENDIENTE DE LA CERCHA.....	64
FIGURA NO 34 CÁLCULO DE MASA DE CERCHA.....	65
FIGURA NO 35 DIRECCIÓN DE FUERZAS PARA LAS CERCHAS.....	66
FIGURA NO 36 COMPONENTES DE LAS FUERZAS DE VIENTO.....	67
FIGURA NO 37 CERCHA TIPO.....	71
FIGURA NO 38 DISTANCIAS PARA CÁLCULO DE PANDEO FLECTOR (VISTA EN PLANTA DEL CORDÓN SUPERIOR).....	72
FIGURA NO 39 PERFILES TIPO.....	73

TABLA DE TABLAS

TABLA 1 FACTORES DE RESISTENCIA CARACTERÍSTICOS PARA LRFD	8
TABLA 2 VALORES CP SUPERFICIES INCLINADAS	32
TABLA 3 VALORES DE Q EN KN/M ² (1 KN/M2 = 100 KGF/M2)	33
TABLA 4 VALORES DEL COEFICIENTE S4	33
TABLA 5 MAYORACIÓN PARA LAS CORREAS INTEREDIAS.....	46
TABLA 6 MAYORACION PARA LAS CORREAS EXTREMAS.....	53
TABLA 7 MAYORACIÓN PARA LA CERCHA.....	70

DEDICATORIA.

Este libro de grado esta dedicado principalmente a dos mujeres que a pesar de mis inconvenientes durante casi 2 años me apoyaron y creyeron en mí, principalmente a Maria Elisa González Daza, Maria Rita Núñez Vega, a mis amigos, José consuegra, Emilio Arenas, Jorge Escobar, también agradecerle a mis hermanos, a mi padre y a Dios por brindarme la luz que me guió durante este trayecto manteniéndome en solo camino adquiriendo grandes valores y cualidades para ser una mejor persona, amigo, y profesional.

AGRADECIMIENTOS.

Especialmente a mis compañeros Emilio arenas, Adrián Orozco, Jorge Escobar por su tiempo, apoyo y dedicación, para la culminación de este libro.

Al profesor Hernán Porras, al Decano de mi facultad Adolfo León Arenas y al representante de los estudiantes Carlos Sarmiento por su apoyo Ante el inconveniente presentado por las fallas de mi director de proyecto.

TITULO* GENERACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA CLASE DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS.

Autor: Arenas González Ronald Kadyd. **

Estructuras Metálicas, proyecto cubierta, transmisión de cargas, idealización estructural, chequeos de la estructura.

Descripción:

Este proyecto de grado, genera una herramienta de revisión para la clase de Diseño de Estructuras Metálicas, dirigida por el ing. Dalton Moreno Girardot, fundamentadas teóricamente y acordes a la normativa Colombiana; ella facilita el aprendizaje del estudiante y aumenta el dinamismo de la clase, permitiendo además que el docente agilice los procesos de calificación de los previos, quices y trabajos que plantee, referentes a: combinación de cargas para las cerchas y correas, chequeos de correas y cordones superior e inferior de la cercha, adicionalmente tiene dos casos puntuales sobre columnas, restringidos a las condiciones que se plantean en las hojas electrónicas, por otro lado, este proyecto permitirá al estudiante interactuar con instrumentos tecnológicos, (como hojas electrónicas de Excel) de uso común en la ingeniería, que disminuyen el tiempo de cálculo; además presentará los conceptos teóricos de la asignatura en forma clara y a la vez, desarrollará un ejemplo tipo de diseño de una cubierta con armazón o estructura metálica, aplicando los criterios que rigen el análisis de estructuras metálicas, con referencias directas a la norma NSR – 98.

Los objetivos que se plantearon para llevar a acabo en este proyecto:

Complementar las memorias de cálculo presentadas en las guías del ingeniero Dalton, dando origen a un modelo a seguir, que permita desarrollar el proyecto planteado en su curso.

Elaborar hojas electrónicas de revisión en Excel (basadas en la norma **NSR-98**, método **LFRD**, entre otros) que sean útiles para la corrección de quices, trabajos y previos de la asignatura.

El método de resistencia última es el método a utilizar para el diseño, las cargas de trabajo se estiman y se multiplican por ciertos factores de carga y se comparan con la capacidad resistente de los elementos.

En este trabajo, los problemas presentados se solucionarán utilizando el método de diseño llamado "Diseño por Factores de Carga y Resistencia" de sus siglas en ingles "Load and Resistance Factor Design" (LFRD).

A través de los objetivos planteados con el soporte teórico en el cual se basa este proyecto se concluyo un establecimiento de el modelo a seguir para el proyecto de diseño de una cubierta con estructura metálica, Se detalló la procedencia de algunos datos de las guías de diseño del ingeniero Dalton que no eran claros para el estudiante, con base en los lineamientos teóricos de la asignatura y en la norma NSR – 98. los cuales en este documento son bastante claros, Se originó un CD interactivo que contiene hojas de cálculo para el chequeo y carga de correas y cerchas, y para el chequeo de columnas; además, estas son útiles en revisiones de estructuras previamente diseñadas. Estas hojas brindan al estudiante, una herramienta que agiliza y optimiza la toma de decisiones a la hora de escoger materiales y desarrollar el proyecto planteado en clase.

*Modalidad practica empresarial.

**Facultad Físicomecánica, ingeniería civil, Director: Jorge Guzmán

TITLE* GENERATION OF DIDACTIC MATERIAL FOR THE SUBJECT OF DESIGN OF METALLIC STRUCTURES.

Author: Arenas Gonzalez Ronald Kadyd. **

Metallic Structures, covered project, transmission of loads, structural idealization, controls of the structural one.

Description:

This project, it generates a tool of review for the class of Design of Metallic Structures, directed by the Ing. Dalton Moreno Girardot, based and theoretically agreed to the Colombian norm; it facilitates the learning of the student and increases the dynamism of the class, allowing in addition which the educational one makes faster the processes of qualification of the exams, "quices" and works that raise, which refers to: combination of loads for the trusses and strap, checkups of straps and cords top and below of the segment, additionally it has two precise cases on columns, restricted to the conditions that consider in the spreadsheets, on the other hand, this project will allow the student to interact with technological instruments, (as spreadsheets of Excel) of use common in engineering, that they can diminish the time of calculation; in addition it will present the theoretical concepts of the subject in clear form and you see it, it will develop to an example type of design of a cover with frame or metallic structure, applying the criteria that govern the analysis of metallic structures, with direct references to norm, NSR – 98.

The objectives that considered taking to I finish in this project:

To complement the presented memories of calculation in the guides of Dalton engineer, giving origin to a model to follow, that it allows developing the project assigned in its course.

To elaborate spreadsheets of revision in Excel (based on norm NSR-98, method LFRD, among others) that they are useful for the correction of quices, exams and many works of the subject.

The method of ultimate strength is the method to use for the design, the service loads are considered and they are multiplied by certain factors of load and they are compared with the resistant capacity of the elements.

In this work, the presented problems will be solved using the method that is called "Design by Factors of Load and Resistance" of their abbreviations in English "Load and Resistance Design Factor" (LRFDF).

Through the objectives raised with the theoretical support in which one is based this project I could conclude an establishment of the model to follow for the project of design of a cover with metallic structure, I clarify the origin of some data of the guides of design of Dalton engineer that were not clear for the student, with base in the theoretical lineaments of the subject and with base in the norm NSR – 98, which ones are quite clear in this document. In the other hand an interactive CD was originated that contains spreadsheets for the control and load of strap and segments, and control of columns; in addition, these spreadsheets are useful in revisions of structures previously designed. These spreadsheets offer the student, a tool that makes faster and optimizes the decision making at the time of choosing materials and developing the project implemented in class.

*Modalidad practica empresarial.

**Facultad Físicomecánica, ingeniería civil, Director: Jorge Guzmán

1. INTRODUCCIÓN

Antes de cursar la asignatura *Estructuras Metálicas* se recorre un camino académico extenso, y para ello deben cumplirse los requisitos establecidos por la escuela de Ingeniería Civil. En esta materia, el estudiante se enfrenta a un proyecto de diseño complejo al que va adaptándose poco a poco, mientras desarrolla la temática de clase, que involucra conceptos teóricos, parámetros normativos, económicos y técnicos. Para resolver esta situación, el alumnado comúnmente consulta textos especializados, dónde están descritos los fundamentos de la asignatura, y las guías creadas por el profesor que dirige el curso, que para efecto de este proyecto es el *Ingeniero Dalton Moreno*, en donde se describe el método de diseño.

Estas guías muestran un proceso lógico de diseño, acorde a los requerimientos de la NSR-98¹ y constituyen un material de apoyo para el estudiante; sin embargo, en ellas existen ciertos parámetros y procesos que necesitan analizarse en detalle, para evitar que se generen dudas en el alumno, que disminuyan su comprensión. Por otro lado, además de estas guías, no se encuentran elaboradas ayudas didácticas tales como hojas de cálculo electrónicas de Excel, que agilicen los chequeos necesarios.

¹ Norma Sismo Resistente de 1998

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar material didáctico y complementar las guías de diseño existentes en el curso de Diseño de Estructuras Metálicas, dirigido por el Ingeniero Dalton Moreno.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Complementar las memorias de cálculo presentadas en las guías del ingeniero Dalton, dando origen a un modelo a seguir, que permita desarrollar el proyecto planteado en su curso.
- Elaborar hojas electrónicas de revisión en Excel (basadas en la norma **NSR-98**, método **LFRD²**, entre otros) que sean útiles para la corrección de quices, trabajos y previos de la asignatura, que tengan que ver con las siguientes temáticas:

a-) Combinación de cargas para correas.

b-) Combinación de cargas para cerchas.

² Método Diseño por factores de carga y resistencia

c-) Chequeo del cordón superior (prueba de pandeo flector y flexo torsor para el elemento individual y para el conjunto).

d-) Chequeo del cordón inferior (diseño a compresión por fluencia y tracción).

e-) Chequeo de columnas con secciones de perfil tipo **IPE, HEA, HEB, HEM**, entre pisos de edificaciones permitiendo variaciones de las longitudes de las vigas y las alturas de las columnas que llegan al nodo a analizar.

f-) Chequeo de columna en celosía, permitiendo variar alturas, cargas y las propiedades de los ángulos.

3. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto de grado, genera una HERRAMIENTA de revisión para la clase de Diseño de Estructuras Metálicas, dirigida por el ing. Dalton Moreno Girardot, fundamentadas teóricamente y acordes a la normativa Colombiana; ella facilita el aprendizaje del estudiante y aumenta el dinamismo de la clase, permitiendo además que el docente agilice los procesos de calificación de los previos, quices y trabajos que plantee.

Por otro lado, este proyecto permitirá al estudiante interactuar con instrumentos tecnológicos, (como hojas electrónicas de Excel) de uso común en la ingeniería, que disminuyen el tiempo de cálculo; además presentará los conceptos teóricos de la asignatura en forma clara y a la vez, desarrollará un ejemplo tipo de diseño, aplicando los criterios que rigen el análisis de estructuras metálicas, con referencias directas a la norma NSR – 98.

4. METODOLOGÍA DEL PROYECTO.

Este proyecto de grado, realizado en la modalidad de practica empresarial se desarrolló durante el primer semestre académico del año 2006, mediante tres actividades principales: la primera de ellas fue asistir a las clases de la materia Diseño de Estructuras Metálicas, dirigida por el ingeniero Dalton Moreno, realizar reuniones cada viernes para planificar las actividades de la semana siguiente y por ultimo evaluar los resultados de la semana en curso. Al principio, existieron pequeños inconvenientes para estructurar el aporte definitivo que esta práctica daría a la asignatura; debido a las ideas generadas en conjunto con el director del proyecto, se decidió inicialmente interactuar con los estudiantes, para conocer sus necesidades básicas en la asignatura y plantear soluciones.

El trabajo empezó con la formulación primaria de guías de diseño, que se complementarían poco a poco a lo largo del desarrollo de la asignatura, de acuerdo a las dudas expuestas por el alumnado, y con base en el libro guía del método de diseño de estructuras metálicas LFRD de McCormac, la norma NSR-98 y diversas investigaciones sobre el tema, referenciadas en la bibliografía de este documento, además, se realizó paralelamente el diseño de una cubierta con estructura metálica (similar a la estudiada en el curso del ingeniero Dalton) modificándola con referencias directas a la norma NSR-98; con esto se pretende configurar un modelo que permita al alumnado guiarse, durante el desarrollo de la temática de clase. Por otro lado, fueron elaboradas hojas de calculo en Excel, para efectuar las operaciones matemáticas en temas como la combinación de cargas en cerchas y correas, chequeo de los elementos a compresión y a tensión, chequeo de columnas en celosía y con perfiles de secciones de perfil tipo IPE, HEA, HEB, HEM, y además, facilitar la corrección de los previos y trabajos presentados por los estudiantes.

5. EJEMPLO TIPO: DESARROLLO DE UN PROYECTO DE CUBIERTA

Para este ejemplo tipo se cuenta con una HERRAMIENTA (CD anexo) con hojas electrónicas de Excel que facilitara los cálculos a realizar, las cuales se encuentran estructuradas en tres secciones:

1. Combinación de cargas y Chequeo de Correas.
2. Combinación de cargas y Chequeo de Cerchas.
3. Chequeo de columnas.

La combinación de cargas para las cerchas y correas, los chequeos de correas y cordones superior e inferior de la cercha, esta HERRAMIENTA se aplicara desde el numeral 6.6.

Adicionalmente tiene dos casos puntuales sobre columnas, restringidos a las condiciones que se plantean en las hojas electrónicas.

Se anexa un plano con una vista en planta de la bodega y una vista frontal de la cercha para consultar las medidas distancias etc.

En el método de resistencia última que es el método a utilizar para el diseño, las cargas de trabajo se estiman y se multiplican por ciertos factores de carga y se comparan con la capacidad resistente de los elementos.

En este trabajo, los problemas presentados se solucionarán utilizando el método de diseño llamado “Diseño por Factores de Carga y Resistencia” de sus siglas en ingles “Load and Resistance Factor Design” (LRFD).

El diseño por el método LRFD se basa en los conceptos de estados límite, este mismo que describe una condición en la que una estructura, o alguna parte de ella, deja de cumplir su función. Este estado límite se puede sub catalogar en dos tipos: los de resistencia y los de servicio.

El primero se basa en la seguridad o capacidad de carga de las estructuras e incluye las resistencias plásticas, de pandeo, de fractura, de fatiga, de volteo, etc. Mientras que los estados límite de servicio se refieren al comportamiento de las estructuras bajo cargas normales de servicio, estas mismas que tienen que ver con el uso y la ocupación como deflexiones excesivas, deslizamientos, vibraciones y agrietamientos.

En el método LRFD las cargas de servicio (Q_i) son multiplicadas por los llamados Factores de carga o de seguridad (λ_i). Con esto se obtienen las cargas factorizadas, que serán utilizadas para el diseño de la estructura. Esta estructura deberá tener un diseño lo suficientemente fuerte que permita resistir estas cargas factorizadas. Esta resistencia se considera igual a la resistencia teórica o nominal (R_n) del miembro estructural, multiplicada por un factor de resistencia (ϕ) que es normalmente menor a la unidad. Con esto se busca tomar en cuenta las incertidumbres relativas de las resistencias de los materiales, dimensiones y mano de obra.

En resumen puede decirse que para este tipo de diseño:

$$(\lambda_i) * (Q_i) \leq (\phi) * (R_n)$$

(Suma de los productos de los efectos de las cargas)(Factor de carga) \leq
(Factor resistencia)(Resistencia nominal).

A continuación se muestra en la Tabla, los diferentes factores de resistencia especificados para el método LRFD. Estos valores están basados en investigaciones realizadas en la Universidad Washintong en San Luís, Missouri.

Tabla 1 Factores de resistencia característicos para LRFD

Factores de Resistencia	Tipo de situación a utilizar factor de Resistencia
1	Aplastamiento en áreas proyectantes de pasadores, fluencia del alma bajo cargas concentradas, cortante en tornillos en juntas tipo fricción.
0.9	Vigas sometidas a flexión y corte, filetes de soldadura con esfuerzos paralelos al eje de la soldadura, soldaduras de ranura en el metal base, fluencia de la sección total de miembros a tensión.
0.85	Columnas, aplastamiento del alma, distancia al borde y capacidad de aplastamiento en agujeros.
0.8	Cortante en el área efectiva de soldadura de ranura con penetración completa, tensión normal al área efectiva de soldaduras de ranura con
0.75	Tornillos a tensión, soldaduras de tapón o muesca, fractura en la sección neta de miembros a tensión.
0.65	Aplastamiento en tornillos que no sean tipo A307
0.6	Aplastamiento en cimentaciones de concretos

Fuente: McCormac

5.1 Generalidades.

El techo o cubierta que forma el último diafragma de la construcción es la estructura más grande y vulnerable de cualquier casa. Recibe el azote del granizo, la lluvia, el sol y el viento a lo largo de todo el año debiendo soportar también la ocasional caída de un rayo o el golpe de una rama de árbol. La duración depende del tipo de cubierta de techo que se utilice.

Al hablar de los tipos de cubiertas, si se tiene en cuenta los distintos materiales utilizados y sus diferentes combinaciones, se encontrará con una gran variedad. La más antigua, será probablemente la formada de ramas y hojas que hoy en día todavía es utilizada en algunas zonas del continente africano, América del Sur, Asia y Oceanía.

Algunas de las variantes, como las formadas por troncos de árboles, siguen siendo utilizadas actualmente, aunque muy mejorada, en Canadá y los países escandinavos.

Ciertas construcciones se revestían con placas de piedras. Estas cubiertas todavía existen en algunas iglesias y en zonas de montaña.

Otras cubriciones se realizaban con la teja cerámica en su forma redondeada, o denominada romana. Los griegos fabricaban tejas constituidas por placas cerámicas delgadas que presentaban un ligero arqueado, mientras que los romanos utilizaban dos tipos de tejas: una teja plana trapezoide y otra, de forma acanalada.

Las tejas de mármol o de otras rocas naturales que se podían, sin demasiada dificultad, producir en placas, cubrían los templos griegos, siempre sobre una estructura de madera.

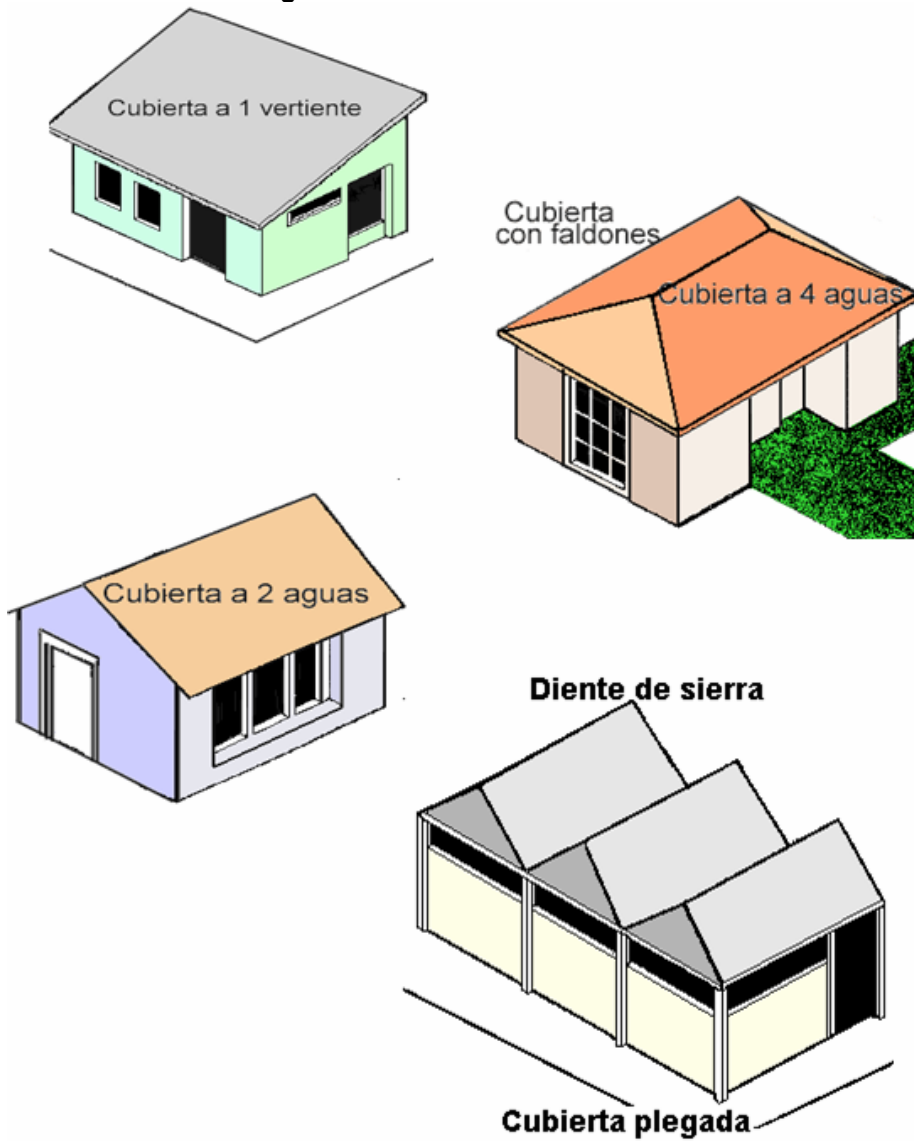
La pizarra, en forma de láminas delgadas, se emplea como parte de la cubrición a partir del siglo VI. Las tejas de hormigón o de fibrocemento se utilizan desde el fin del siglo XIX apareciendo en Austria y en los países escandinavos.

Las cubiertas se pueden presentar también en forma de grandes láminas sobre un tablero o sobre placas resistentes. El *cobre* ha sido seguramente el primer metal empleado en láminas para revestir algunos edificios desde la antigüedad.

El *zinc* se utiliza también para las cubiertas por su gran maleabilidad y por la formación en su superficie de una capa de carbonato hidratado inalterable. El *acero inoxidable* y el *aluminio* se utilizan desde los años cincuenta en forma de placas. Hoy en día también se utilizan otros materiales metálicos, como por ejemplo el *titanio*.

En nuestro medio para la constitución material de las cubiertas deben de estar de acuerdo al lugar en que se construyan, si se está en la ciudad se pueden encontrar materiales para cubiertas, como: teja de *barro*, *fibro-cemento*, *zinc*, *plástico*, *de fibras sintéticas*, *vidrio* etc. y en la zona rural se encuentran materiales para cubierta como: *la paja*, *las hojas de palma*, *la guadua partida en forma de canales* y *la tabla de madera*, lo que encarecería la estructura si se realiza en estas zonas y se quiere constituir con materiales como : barro, fibro cemento, zinc etc. Pero en ocasiones es necesario debido a las condiciones que estarán sometidas las cubiertas. A continuación se muestran algunas formas de cubiertas.

Figura No 1 Forma de la cubierta

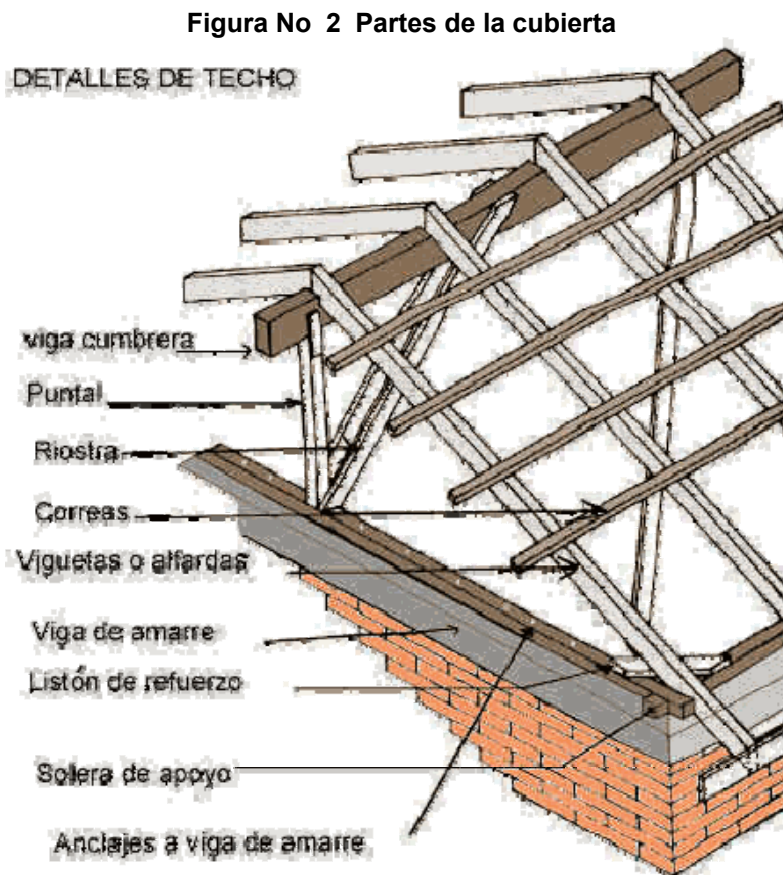


Fuente: <http://www.volcanes.com/construccion/techos.htm>

5.2 Partes de una Cubierta

La estructura o armazón que soportará la cubierta esta constituida por elementos de madera o en algunos casos en acero (en forma de cerchas), que tienen la función de soportar su propio peso y el del techo o cubierta propiamente, además de las fuerzas externas como la del viento y de las personas que suban al techo para realizar alguna reparación.

Para el desarrollo de la cubierta de este ejemplo se utilizará estructura metálica que es el objetivo de la clase.



Fuente: <http://www.volcanes.com/construccion/techos.htm>

5.3 Estructura de madera

Figura No 3 cerchas y corras de madera



Fuente: la casa canadiense

En la construcción de las estructuras o armazones para cubierta, se utiliza madera de buena calidad que debe ser revisada visualmente para detectar que no tenga alabeos, arqueados, abarquillados, encorvados, nudos, pudrición, rajaduras, ataque de insectos y que las dimensiones sean las especificadas sin fallas de escudaría.

La madera utilizada para techos puede ser rolliza o aserrada y el tipo de madera mas utilizado es el abarco para soleras y largueros y el pino para la tablilla. Otras maderas utilizadas son el caimito, chanul, oloroso, aceite, chaquiro bálsamo y algarrobo.

Las maderas mas utilizadas en Colombia son:

- **Roble Blanco**

Características: La albura es de color marrón amarillento, sin olor o sabor. Su textura es de mediana a gruesa y el grano varia desde recto oblicuo a entrecruzado. Tiene un veteado muy acentuado. El corte longitudinal presenta una apariencia plumosa muy agradable. Es fácil de secar al aire libre pero lento. Se deja trabajar en todas las operación de maquinado con excelentes resultados con acabados buenos y atractivos. Se puede usar en Puertas, mangos de herramientas, chapas decorativas, etc.

- **Caoba**

Características: La albura es de color marrón claro rosáceo y a menudo con líneas oscuras que acentúan el veteado. Es imposible inmunizar por los métodos conocidos.

Es fácil de trabajar aunque el contenido de oxalatos de calcio produce desgaste en los filos de las cuchillas y sierras, pero ofrece un buen cepillado. Seca rápidamente al aire libre alcanzando un contenido de humedad del 29% en menos de 120 días. Presenta poca tendencia a torceduras y rajaduras.

- **Teca**

Características: Cuando se corta su duramen es verde oliva y cambia a color marrón dorado cuando se seca. La albura es de color amarillento blanco. Se distinguen los anillos de crecimientos y son de ocurrencia anual. Su olor es desagradable

La madera se estabiliza bien con el secado pero esto ocurre lentamente. Se ca al aire pero presenta deformaciones. Su secado al horno es bueno sin tendencias a rajaduras o dobleces. Se considera muy difícil de tratar con inmunizantes y aún con vacío-presión tiene penetración incompleta. Es muy resistente y con una duración de 10 a 15 años en el exterior.

- **Cedro**

Características: La albura es de color claro rosado o amarillento blanquecino, con transición gradual a duramen que varia desde el rosado-amarillo-marrón hasta el marrón rojizo. Tiene olor aromático y sabor amargo. Presenta ligeros riesgos de deformaciones y que se produzcan fendas. Debe secarse a temperaturas bajas para evitar el colapso. Los nudos tienen la tendencia a rajarse fuertemente y las fendas superficiales tienden a ser muy pequeñas. Las exudaciones de resina y aceite se pueden controlar calentando la madera a 94 grados centígrados y a una humedad relativa del 60% entre 8 a 17 horas.

Es difícil de tratar cuando se somete a los diferentes sistemas de inmunización. Es de fácil labrado con herramientas manuales y de maquinado. Ofrece buen acabado y pulimento, siendo fácil también su lacado y encolado.

Es resistente a hongos, insectos y medianamente resistente a las termitas. Su uso en instrumentos musicales, ebanistería, chapas decorativas, cajas para empaque, pisos, paneles, puertas y Ventanas.

5.4 Estructura de Metal.

En general el diseño de una estructura metálica debe plantearse inicialmente la necesidad de este y algunas de sus características básicas, como por ejemplo, cual es su finalidad (como bodega, que tipo de cosas almacenaría, vivienda etc.) definir si su sección es constante o variable, si su alma es en celosía, llena (perfiles **HEB**, **HEA**, **IPE**) o tipo **cajón**, etc.; además deben considerarse factores como su economía, belleza, nivel de operación, facilidad en el sitio de construcción, facilidad de montaje, tiempo de ejecución y las limitaciones arquitectónicas que se presenten.

El docente planteará a necesidad del proyecto y las dimensiones que este tendrá.

Para este ejemplo:

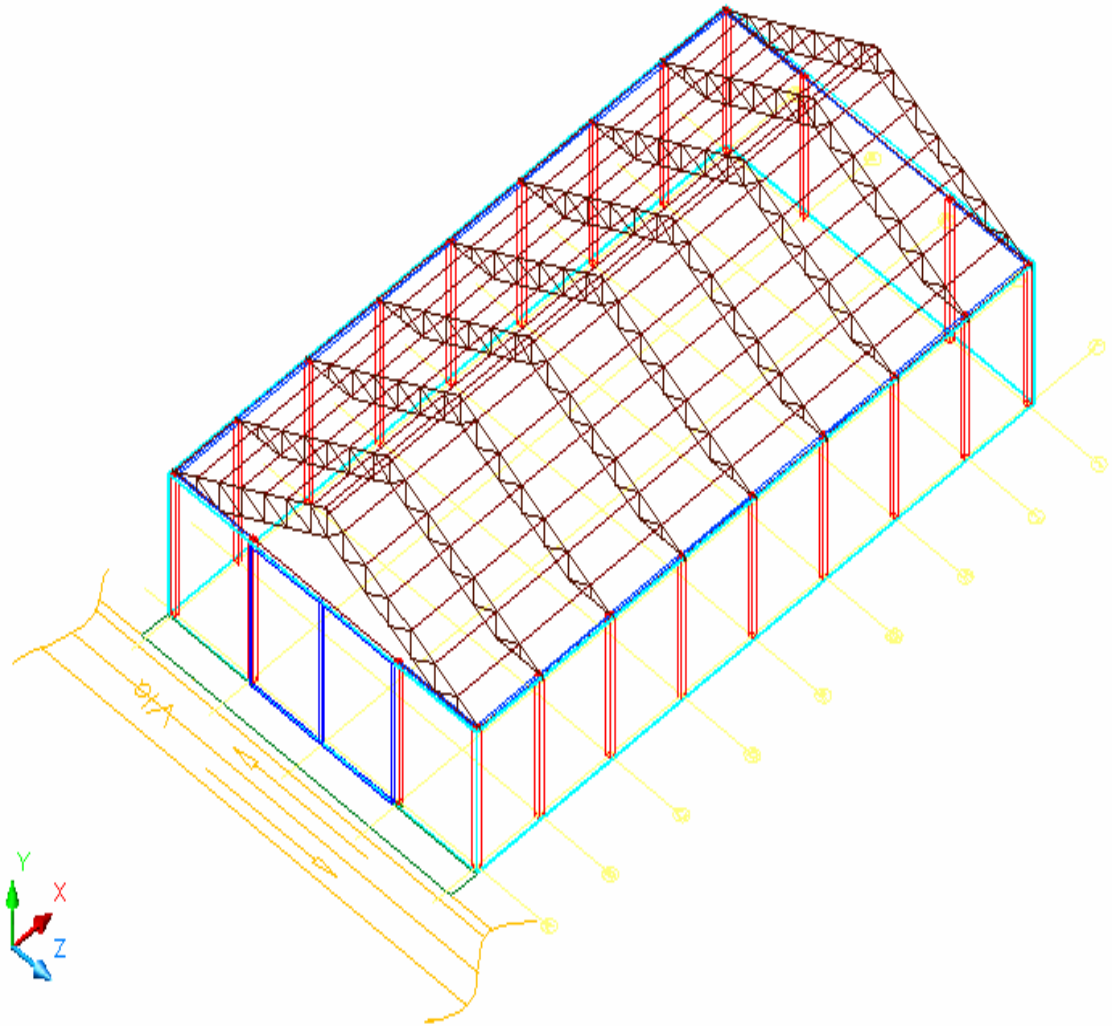
- **Tipo de estructura:** *bodega para almacenar cervezas.*
- **Dimensiones del lote:** **31 m.** (de frente) X **61 m.** (de profundidad).
- **Altura:** no mayor a **10 m.** (sugerida por el propietario)
- **Teja:** Metálica de color (sugerida por el propietario).

Figura No 4 cerchas y corras de madera



Fuente: Autores del proyecto

Figura No 5 Estructura tipo bodega para el proyecto



Fuente: Autores del proyecto

6. GENERALIDADES DEL DISEÑO.

6.1 INTRODUCCIÓN.

En cuanto a la cubierta se refiere luego de tener la necesidad del proyecto (que para el ejemplo es una bodega) y sus dimensiones, se deben analizar las siguientes características:

- La durabilidad
- La resistencia y estabilidad
- Las deformaciones y flechas
- El aislamiento térmico
- El aislamiento acústico
- La protección contra incendios.
- La iluminación y orientación
- La ventilación y calefacción
- La impermeabilización

6.1.1 La Durabilidad.

La durabilidad inherente de los materiales estructurales de la cubierta es una característica importante. Sin embargo, los materiales no duraderos o sin protección pueden dar un resultado satisfactorio si se mantiene la cubierta en condiciones herméticas por medio de inspección, reparación o restauración, si hace falta. Para las cubiertas de construcciones que alberguen procesos industriales que producen vapor y sustancias químicas y corrosivas, el hormigón armado denso o maderas naturalmente duraderas van bien como materiales básicos, dependiendo, por su puesto, de la naturaleza y grado de la exposición. En resumen, si se diseñan estructuras de acero habrá que tener en cuenta su exposición a la corrosión. Las cubiertas que son empleadas en combinación con las estructuras han de ser elegidas según su capacidad de resistencia a las condiciones ambientales.

6.1.2 Resistencia y Estabilidad.

Los elementos y componentes estructurales de una cubierta deben ser diseñados con la resistencia adecuada para que el tejado se mantenga intacto, estable y con una deformación limitada y controlada bajo las tensiones que operan a consecuencia de los pesos propios y sobrecargas. Las cargas actuantes que deben ser consideradas en el proyecto son de dos tipos: el peso propio y las sobrecargas. Los pesos propios son el peso mismo de la estructura de la cubierta y su revestimiento, y otros pesos estáticos procedentes del equipamiento y que quedan sobre la estructura o suspendidos de la misma. Las sobrecargas en las cubiertas se deben al viento y a su condición de accesibilidad.

6.1.3 Deformaciones.

Dentro de unos límites, la deformación no siempre es perjudicial estructuralmente sino que puede resultar inapreciable, como en el caso de la deformación de correas de dimensiones inadecuadas. La deformación es muy apreciable cuando una componente queda a la vista en toda su longitud, o paralela a una línea no desviada. Como norma general se deben evitar que aparezcan deformaciones que, aun no comprometiendo la seguridad estructural, provoquen sensaciones de inseguridad en el usuario.

6.1.4 Aislamiento Térmico.

La misión más importante del aislamiento térmico en el entorno de la construcción es la de contribuir al logro de unas temperaturas razonables estables y que resulten tolerables y confortables para la actividad eficaz de los ocupantes de la estructura, o bien, la de la temperatura que sea necesaria para un determinado proceso. En términos generales, ello significa una escala de temperatura de 15 a

22 ° C que es la conveniente para la mayor parte de las situaciones en la vida y en el trabajo. Si se ha de refrigerar un determinado espacio, será necesario un aislamiento muy eficiente. En el extremo opuesto, el exceso de calor generado en una fundición de acero debe disiparse mediante superficies ventiladas de una sola capa. Si la función de la cubierta se reduce a la de una simple protección de las inclemencias atmosféricas, como por ejemplo en un granero abierto, el aislamiento apenas si reviste importancia y basta con una simple y delgada cubierta.

6.1.5 Aislamiento Acústico.

Se realiza mediante materiales sintéticos cuya misión es disminuir el ruido mediante absorción o amortiguamiento de ondas acústicas. Un criterio importante, en el diseño de la mayoría de cubiertas, es el de un peso propio mínimo. Se puede decir que las grandes luces están cubiertas, por lo general, con materiales ligeros o membranas delgadas. Esta exigencia entra en conflicto con la necesidad de una gran masa que reduzca la transmisión del sonido. Esto se ha solucionado con el uso de tejidos sintéticos aislantes, como por ejemplo la lana de vidrio. En muchas fábricas de grandes luces, en estadios y hangares, los niveles de ruido interior son tan altos que hacen innecesaria la reducción del ruido exterior.

6.1.6 Protección contra Incendios

Las cubiertas se pueden incendiar en su parte exterior por la exposición a un calor intenso y a las llamas procedentes de los fuegos de las edificaciones adyacentes, o alternativamente, en su parte interior por material inflamado transportado por el aire caliente que se levanta, que puede atravesar considerables distancias hasta alojarse en la cubierta. Allí quedara prendido el fuego y se propagará si el material combustible de la cubierta o de sus soportes prenden fuego. Medidas para luchar

contra el fuego y para aumentar la protección contra incendios son el uso de materiales poco inflamables y no tóxicos como por ejemplo el poliésterino.

6.1.7 Iluminación y Orientación.

Se buscare el aprovechamiento máximo de la luz natural pero evitando generalmente la incidencia directa de los rayos. Así se evitan aumentos de temperatura indeseados.

6.1.8 Ventilación y Calefacción.

Teniendo en cuentas condiciones futuras de uso, el diseño de la cubierta deberá buscar garantizar la óptima eficiencia energética del edificio. Así se reducirá las necesidades en ventilación y calefacción.

6.1.9 Impermeabilización.

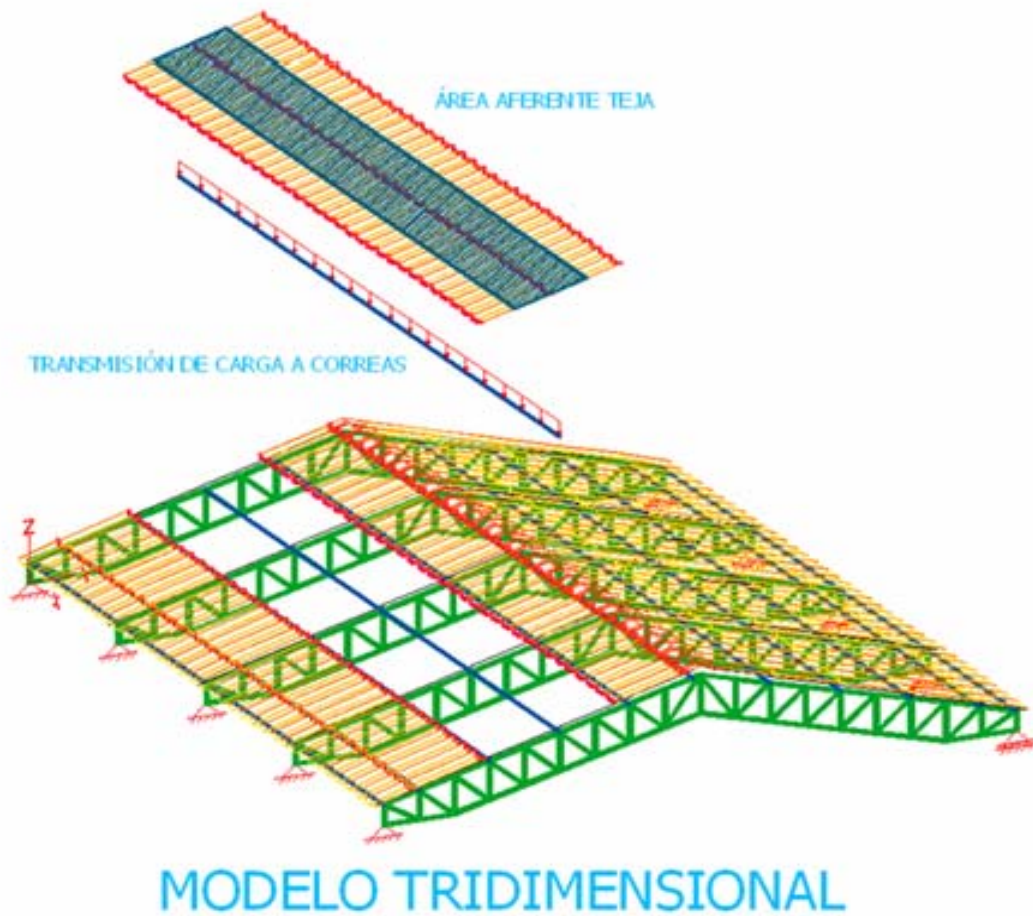
La impermeabilización esta muy relacionada con la durabilidad. A través de un correcto diseño y mantenimiento se deberá garantizar que las condiciones de impermeabilización sean iguales a las iniciales durante toda la vida de la estructura. Frente a estas exigencias reglamentarias, normativas o de comodidad, se añade la búsqueda del aspecto estético de la cubierta. Es importante manifestar que cada uno de estos componentes tiene una finalidad concreta y que solamente si están bien relacionados entre sí, aportarán al sistema sus mejores cualidades. Por tanto, es imprescindible analizar las posibles incompatibilidades que puedan existir entre ellos.

6.2 CONFIGURACIÓN DEL LOTE Y CARACTERÍSTICAS DE LA CUBIERTA

Conocida la longitud del frente del lote, se hace una distribución lo mas simétrica posible, para tener una primera opción de la longitud de la teja, conocidas las longitudes comerciales de estas, la cual dará la configuración para la distancia entre correas y a su vez la de los nodos de la cercha en los cuales se conectaran las correas. Seccionando la distancia frontal del lote de **(31m)** en partes iguales, las distancias no pueden ser cortas, debido a que esta longitud es la luz entre correas, (como sugerencia para esta longitud se colocará **>1.5m**).

Aplicando los parámetros expuestos anteriormente sobre la cubierta y teniendo en cuenta las necesidades y solicitudes del cliente, se puede escoger el material para esta (*Cubierta arquitectónica Acesco*), que es el último diafragma de la estructura y soportará la carga viva (**L**), su propio peso, carga muerta (**D**) y la carga de viento, que luego será transmitido a las correas por área afrente y estas a su vez transmitirán esta carga mas su peso propio a las cerchas por longitud aferente.

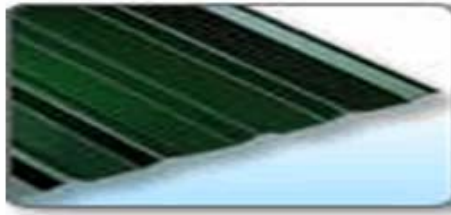
Figura No 6 Orden de transmisión de cargas.



Fuente: Autores del proyecto

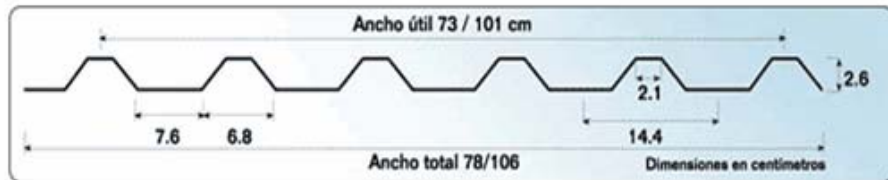
Algunos de los parámetros de las tejas se muestran a continuación, y pueden encontrarse en los catálogos de los fabricantes; los datos a extraer de la teja escogida de la tabla de propiedades son los siguientes, (**Ver anexo A**)

Figura No 7 Tipo de teja y recomendaciones de uso



RECOMENDACIONES DE USO

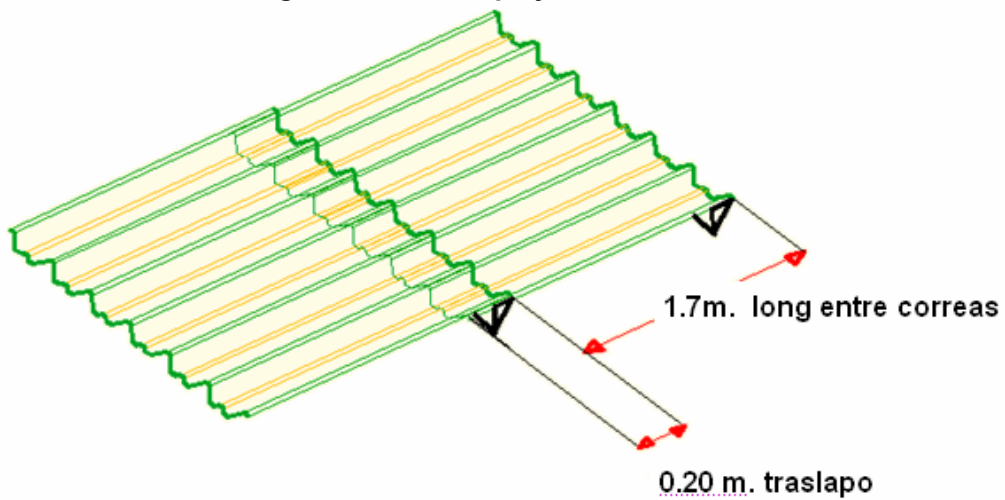
- › Altura de la cresta: 2.6 cm.
- › Voladizo máximo: 50 cm.
- › Pendiente mínima con traslapeo 15%
- › Pendiente mínima sin traslapeo 6%
- › Traslapeo longitudinal mínimo 15 cm.
- › Tornillos fijadores de ala, a 80 cm cada uno.
- › Distancia recomendada entre correas 1.70 cm



Fuente: Autores del proyecto

Se toma la distancia recomendada entre correas para estas tejas.

Figura No 8 Traslapeo y distancia entre correas



Fuente: Autores del proyecto

Cubierta arquitectónica Acesco.

Peso por metro cuadrado de **3.38Kg/m²**.

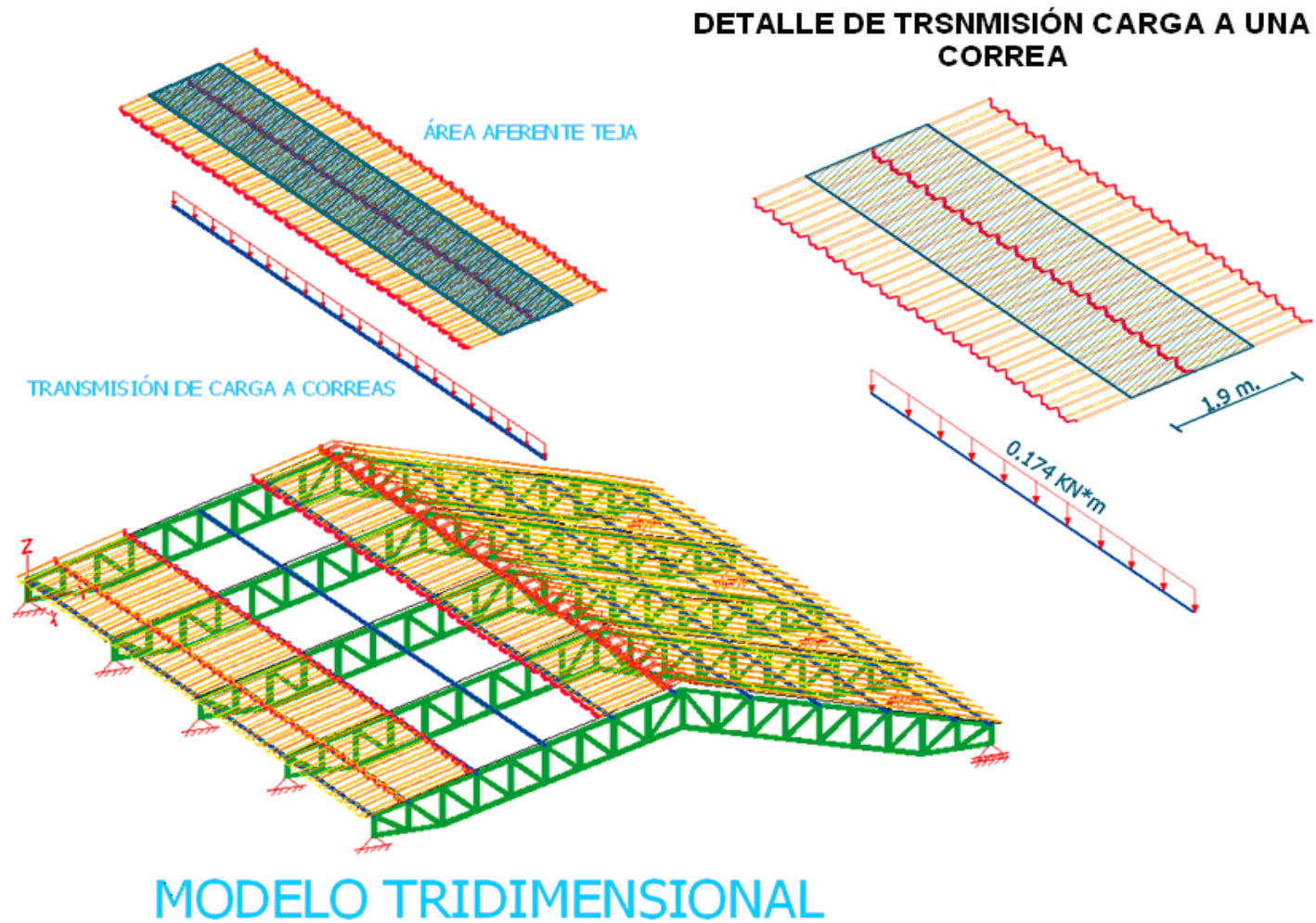
El traslapo longitudinal que se dejará es de **20cm**.

Las dimensiones de la teja son: **1.9m X1.06m**. (con longitudes útiles de **1.7m. X 1.01 m**).

Pendiente mínima **15%**, pendiente escogida **16%**.

6.3 CÁLCULO DE CARGA MUERTA

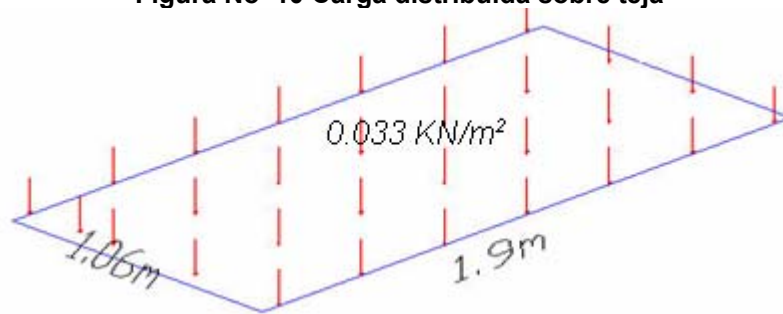
Figura No 9 Transmisión de cargas: teja, correa, cercha



Fuente: Autores del proyecto

6.3.1 Carga por Teja. El proceso para calcular la masa de las tejas que serán soportadas por la estructura es el siguiente.

Figura No 10 Carga distribuida sobre teja



Fuente: Autores del proyecto

6.3.2 Carga muerta por teja (D):

Para una teja, se tiene un área: $1.06 \text{ m} * 1.90 \text{ m} = 2.014 \text{ m}^2$

Carga que aporta una teja: $3.38 \text{ Kg/m}^2 * 2.014 \text{ m}^2 = 6.80 \text{ kg}$

$$6.80 \text{ kg} * 9.8 \text{ m/s}^2 = 66.64 \text{ N}$$

Carga de una teja por metro cuadrado: $66.64 \text{ N} / 2.014 \text{ m}^2 = 33.08 \text{ N/m}^2$
 $= 0.033 \text{ KN/m}^2$

6.3.4 Carga viva (L)³

6.3.4.1 Definición. Las cargas vivas son aquellas cargas producidas por el uso y ocupación de la edificación y no deben incluir cargas ambientales tales como viento, sismo, ni la carga muerta.

Las cargas vivas en las cubiertas son aquellas causadas por:

(a) Materiales, equipos y trabajadores utilizados en el mantenimiento de la cubierta.

³ Norma Sismo Resistente 1998, Título B, B.4.2

(b) Durante la vida de la estructura las causadas por objetos móviles y por las personas que tengan acceso a ellas.

6.3.4.2 Cargas vivas uniformemente repartidas

6.3.4.2.1 Cargas vivas requeridas - Las cargas vivas que se utilicen en el diseño de la estructura deben ser las máximas cargas que se espera ocurran en la edificación debido al uso que ésta va a tener. En ningún caso estas cargas vivas pueden ser menores que las cargas vivas mínimas que se dan a continuación:

Cubiertas, Azoteas y Terrazas..... la misma del resto de la edificación

Cubiertas inclinadas de estructuras metálicas y de madera con imposibilidad Física de verse sometidas a cargas superiores a la acá estipulada:

- si la pendiente es mayor del 20%..... 0.35 kN/m²
(35 kgf/m²)

- si la pendiente es menor del 20%..... 0.50 kN/m²
(50 kgf/m²)

L (carga viva) = f (Ø de inclinación de la cubierta)

La carga viva según la **NSR-98** en el capítulo **B.4.2.1** para cubiertas inclinadas de estructuras metálicas con pendientes menores del **20%** es de **0.5 KN/m²** que corresponde a esta ejemplo ya que posee una pendiente del **16%**

Esta pendiente escogida será la inclinación de la cercha; ver figura 33.

6.4 CARGA DE VIENTO.

Existen dos métodos de análisis para evaluar los efectos del viento simple y completo, al evaluar los efectos producidos por las fuerzas de viento con el análisis simple descrito a continuación, se encuentra que éstos no son fundamentales en el diseño, se puede adoptar el análisis simple como válido, con la presión de viento calculada mediante la ecuación $p = C_p q S_4$ y las **tablas 2, 3 y 4**. Por el contrario, si las fuerzas de viento en algún sentido resultan determinantes, el diseño deberá regirse por el análisis completo como se establece en la **NSR-98** el título B, B.6.4.3

La fuerza de viento actúa en dirección normal al plano de la cubierta, ejerciendo una presión de abajo hacia arriba o en dirección cortaría a las cargas (**D, L**)

Es función de:

Barlovento: Dirección de donde viene el viento.

Sotavento: Dirección hacia donde va el viento.

p: Presión de viento dirección normal a una superficie.

Que estos a su vez están en función de ciertos parámetros:

C_p: Coeficiente de presión.

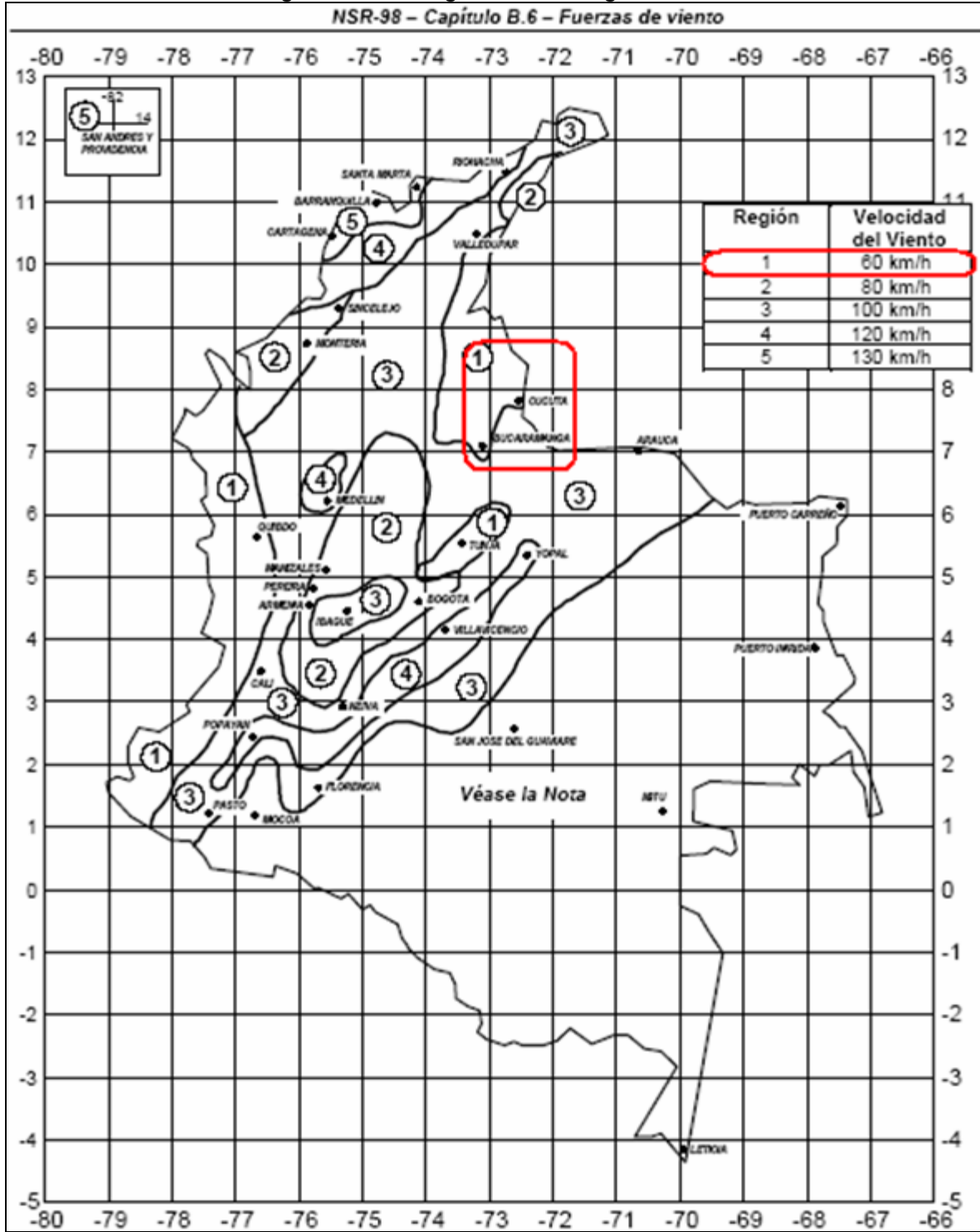
q: Presión dinámica de viento.

S₄: Coeficiente que tiene en cuenta la densidad aire.

La carga de viento llega en dirección perpendicular al ángulo que posee la cubierta. Según el análisis simple que se propone en la **NSR-98** en el capítulo **B6**

A continuación en la **figura 11**. Se observa el mapa de Colombia zonificado según las fuerzas de viento.

Figura No 11 Carga de viento según NSR 98



Fuente: NSR-98 Figura B.6.5.1

Bucaramanga se encuentra en la **zona 1** (como se muestra en la **figura 11**) que le corresponde una velocidad de viento de **60 km/h**

El viento produce una presión **p** que se determina de acuerdo a la siguiente expresión:

$$p = C_p q S_4$$

Donde **C_p** para superficies inclinadas según la **tabla 2**, que se muestra a continuación; la *inclinación de la cubierta* en grados, se obtiene a través de la pendiente que se toma al escoger la teja.

La pendiente es igual **1/ Tan Ø**, por ser la pendiente del **16%** por **cada 100 m.** horizontales subo **16 m.** Verticales

$$\text{Tan } \phi = h/L \qquad \text{Tan } \phi = 16/100$$

$$\phi = \tan^{-1} [h/L] \qquad \phi = \tan^{-1} [16/100]$$

$$\phi = \text{Angulo en grados} \qquad \phi = 9.09028^\circ$$

Tabla 2 Valores cp superficies inclinadas

Inclinación de la cubierta (°)	Barlovento	Sotavento
0-10	-0.8	-0.5
10.1-20	-0.7	-0.5
20.1-30	-0.4	-0.5
30.1-40	-0.1	-0.5
40.1-50	0.2	-0.5
50.1-60	0.5	-0.5
60.1-70	0.7	-0.5
70.1-80	0.8	-0.5
>80		*
* Ver Tabla B.6.4-2, titulo B NSR 98		

Fuente: NSR-98 Tabla B.6.4-3

Para un ángulo entre 0° - 10° que en el ejemplo es de 9.09028° , C_p tiene como valores de *sotavento*, *barlovento* y de la presión de viento.

$$C_p \text{ barlovento} = - 0.80$$

$$C_p \text{ sotavento} = - 0.50$$

$$C_p \text{ perpendicular} = - 0.60$$

La carga de viento depende también de la altura en metros y la velocidad del viento básico del sitio; en este caso se tiene altura de **10m** y la velocidad, para Bucaramanga es de **60 Km/hora**. Así que $q=0.2 \text{ KN/m}^2$ según la **tabla 3**.

Tabla 3 Valores de q en kN/m^2 ($1 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kgf/m}^2$)

Altura (m)	Velocidad (kph)*						
	60	70	80	90	100	110	120
0 - 10	0.20	0.27	0.35	0.45	0.55	0.67	0.79
10 - 20	0.22	0.30	0.40	0.50	0.62	0.75	0.89
20 - 40	0.27	0.37	0.48	0.61	0.75	0.91	1.08
40 - 80	0.33	0.45	0.59	0.74	0.92	1.11	1.32
80 -150	0.40	0.54	0.71	0.90	1.11	1.34	1.59
> 150	0.50	0.68	0.88	1.12	1.38	1.67	1.99

Fuente: NSR-98 Tabla B.6.4-1

El coeficiente S_4 , considera la variación de la densidad de aire, con la altura sobre el nivel del mar **Tabla 4**, en este caso se tiene: $S_4 = 0.88$.

Tabla 4 Valores del coeficiente s_4

ALTITUD	
(m)	S_4
0	1.00
500	0.94
1000	0.88
1500	0.83
2000	0.78
2500	0.73
3000	0.69

Fuente: NSR-98 Tabla B.6.6

Con las anteriores consideraciones para las tres direcciones de la fuerza de viento se procede a calcular la presión de viento.

$$p = C_p q S_4$$

$$p_{\text{barlovento}} = - 0.80 \cdot 0.2 \cdot 0.88 = - 0.1408 \text{ KN/m}^2$$

$$p_{\text{sotavento}} = - 0.50 \cdot 0.2 \cdot 0.88 = - 0.088 \text{ KN/m}^2$$

$$p_{\text{paralelo}} = - 0.06 \cdot 0.2 \cdot 0.88 = - 0.12 \text{ KN/m}^2$$

6.5 CORREAS

6.5.1. Correas. Las correas son elementos constructivos sobre las cuales se apoyan las tejas y junto a las armaduras configuran la estructura básica de la cubierta, las correas reciben el peso de la teja, del viento, de personas que ejecuten trabajo sobre la cubierta y junto con su propio peso lo transmiten a las armaduras, para que sean estas las que soporten las cargas de la cubierta.

6.5.2.2. Tipos de correa. Las correas o largueros están sometidos principalmente a esfuerzos a flexión, es decir se comportan como vigas con apoyo sobre las armaduras. Es así como las correas pueden ser vigas simplemente apoyadas donde su luz es la distancia entre cerchas.

De acuerdo a la luz y las condiciones de borde, las correas pueden estar formadas por vigas de alma llena o por secciones triangulares, esto cuando las correas son simplemente apoyadas y la luz no sea mayor a **6 m**, pero con luces mayores a seis metros es recomendable correas triangulares. Cuando la correa es continua con luces menores a **8 m** se puede utilizar correa de alma llena, para el caso contrario correas triangulares.

6.5.2.2.1 Correas continuas. Las correas continuas se extienden a lo largo de toda la cubierta, amarrando todas las cerchas al tomar como punto de apoyo sus nodos respectivos, por tal motivo este tipo de correa ofrece mayor rigidez a la cubierta. Recomendadas en luces menores a **6 m**, generalmente se configuran con un solo perfil, bien sea en forma de **I** o **canal**. El diseño con el perfil debe hacerse con el momento máximo de flexión existente y las juntas de las correas continuas se deben situar en aquellos puntos donde el momento flector es nulo, quedando sometidas únicamente a esfuerzos de corte.

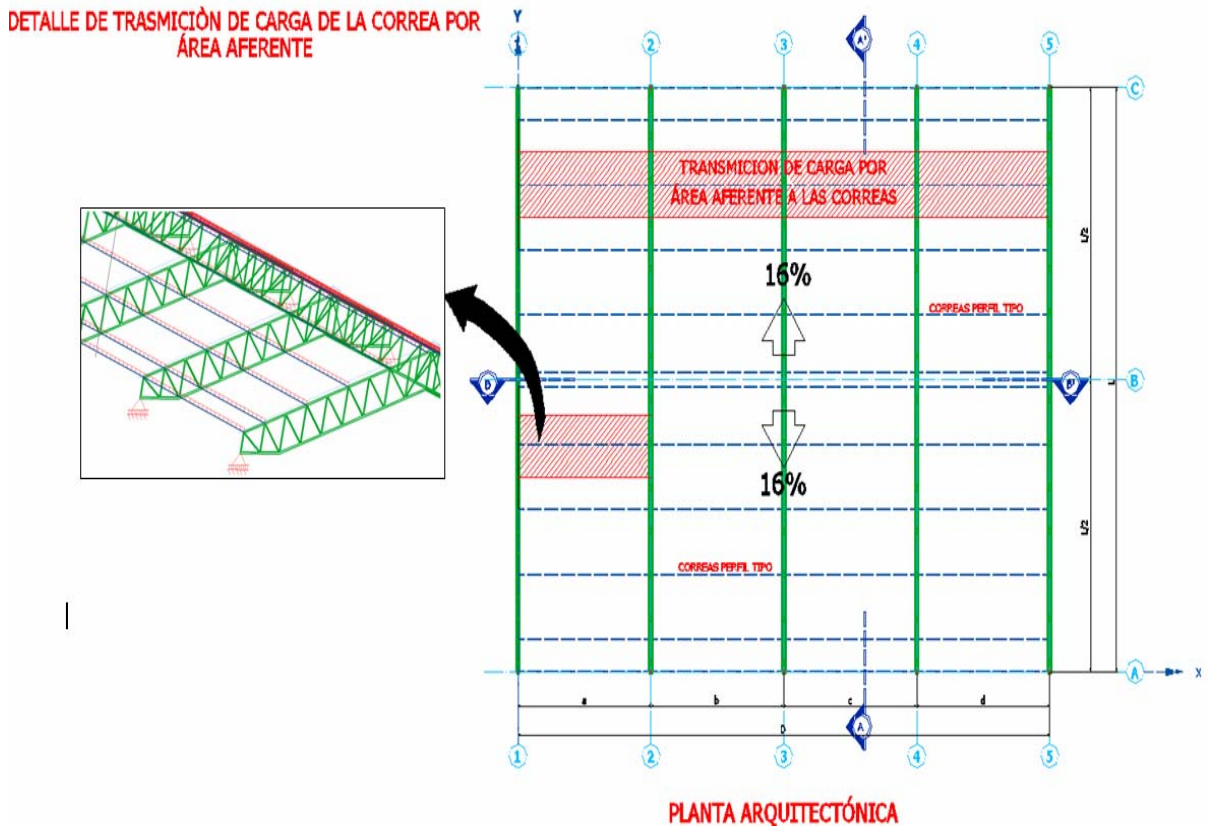
6.5.2.2.2 Correas continuas con articulaciones. Son vigas a la cual se le introduce articulaciones con el objeto de anular el momento de flexión correspondiente sin llegar a la condición de inestabilidad.

Utilizadas en luces menores a **8 m**, la distribución de dichas articulaciones no se puede hacer de forma arbitraria. En estas vigas se consigue con una adecuada colocación de articulaciones igualando los momentos flectores correspondientes a los apoyos con los máximos momentos de los tramos, y en consecuencia, estableciendo el efecto mínimo debido a flexión, lo que permite reducir las dimensiones de la viga.

6.5.2.2.3 Correas triangulares espaciales. Corresponden a configuraciones muy similares a las planas exceptuando que el cordón superior esta conformado por dos elementos de tal manera que tienen una forma triangulas transversal. Dada su disposición están sometidas a esfuerzos tanto de flexión como de cortante

6.5.3. Transmisión de Cargas a las Correas. La transmisión de las cargas de la cubierta a las correas se ara por áreas aferentes, en la siguiente figura se ilustra la transmisión de carga por área aferente. Teniendo el peso de la teja por metro cuadrado (0.033 KN/m^2), lo multiplicamos por la longitud aferente como se ilustra en la figura para que la carga se distribuya linealmente en la correa.

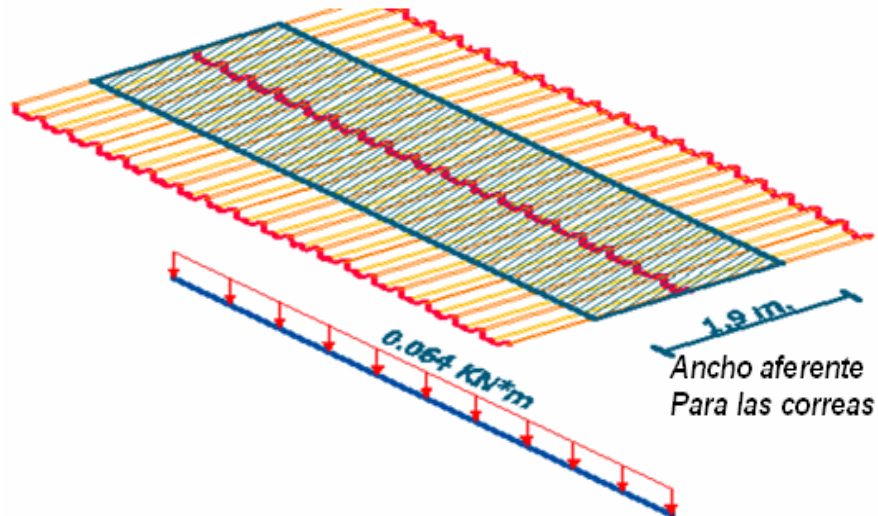
Figura No 12 Transmisión de carga por área aferente



Fuente: Autores del proyecto

- Cálculo de carga muerta de las tejas que le corresponde a las correas por área aferente.

Figura No 13 Carga distribuida sobre Correa



Fuente: Autores del proyecto

- *correa intermedia:*

Carga de una teja por metro lineal $0.033 \text{ KN/m}^2 * 1.9 \text{ m} = \mathbf{0.064 \text{ KN/m}}$

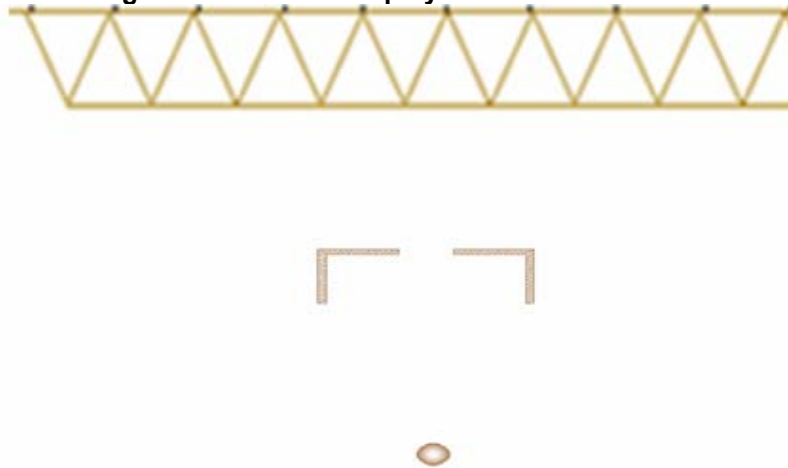
- *primera y última correa:*

Carga de una teja por metro lineal..... $0.064 \text{ KN/m} / 2 = \mathbf{0.032 \text{ KN/m}}$

Determinada la carga de las tejas que le corresponde a la correa se pasa a los cálculos respectivos de la correa.

6.5.4. Correa Escogida. Como modelo practico para ilustrar el diseño se propone el siguiente, una correa triangular espacial con una longitud de **7.6 m**, que será la distancia entre cerchas (longitud máxima. **8 m**. recomendada para esta clase de correas) obtenida al darle una división en partes iguales al lote que para este ejemplo es de **61m**, que es la profundidad del lote y se divide en **8** partes iguales.

Figura No 14 Correa tipo y sección transversal



Fuente: Autores del proyecto.

Este proceso empieza con una suposición de un ángulo para el cordón superior de esta y luego un chequeo, iniciando así una iteración hasta comprobar si la suposición es valida, si no es valida, al escoger un ángulo nuevo téngase en cuenta que afecta la carga muerta con respecto a su peso propio; a continuación se muestra únicamente la hipótesis que cumple.

Se toman **2** ángulos de $2 \times 2 \times \frac{1}{8}$, donde cada uno de ellos tiene una masa por metro de **2.46 Kg/m** y una varilla de **1"** de diámetro con masa de **0.0716 KN/m**.

- *Correa intermedia*

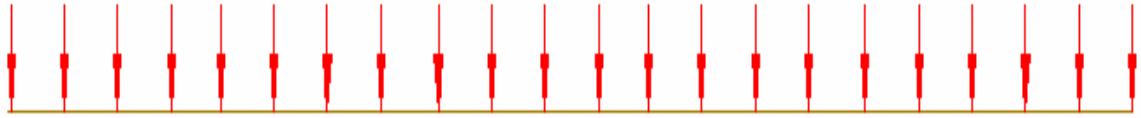
Masa ángulos = $2.46 \text{ Kg/m} \times 2$	4.92 Kg/m
Peso ángulos = $4.92 \text{ Kg/m} \times 2 \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 98.4 \text{ N/m}$	0.0984 KN/m
Varilla 1"	0.0716 KN/m
Peso Correa	0.11 KN/m

- *Correa de los extremos*

Masa ángulos $1.19 \text{ Kg/m} \times 2$	2.38Kg/m
Peso ángulos = $2.38 \text{ Kg/m} \times 2 \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 48.3 \text{ N/m}$	0.0484 KN/m
Varilla 1"	0.0716 KN/m
Peso Correa.....	0.10 KN/m

La correa se idealiza como un elemento continuo y se distribuye la carga sobre este. La carga está en dirección normal a la inclinación de la cubierta.

Figura No 15 Carga distribuida sobre correa



Fuente: Autores del proyecto

Masa total de correas:

Cada correa tiene una longitud de **7.6 m** y una masa de **83.6 Kg**.

6.5.5. Carga muerta que le Corresponde a las Correas. En el orden de la transmisión de cargas, la teja le trasmite su carga a las correas, que resisten a la vez su peso propio.

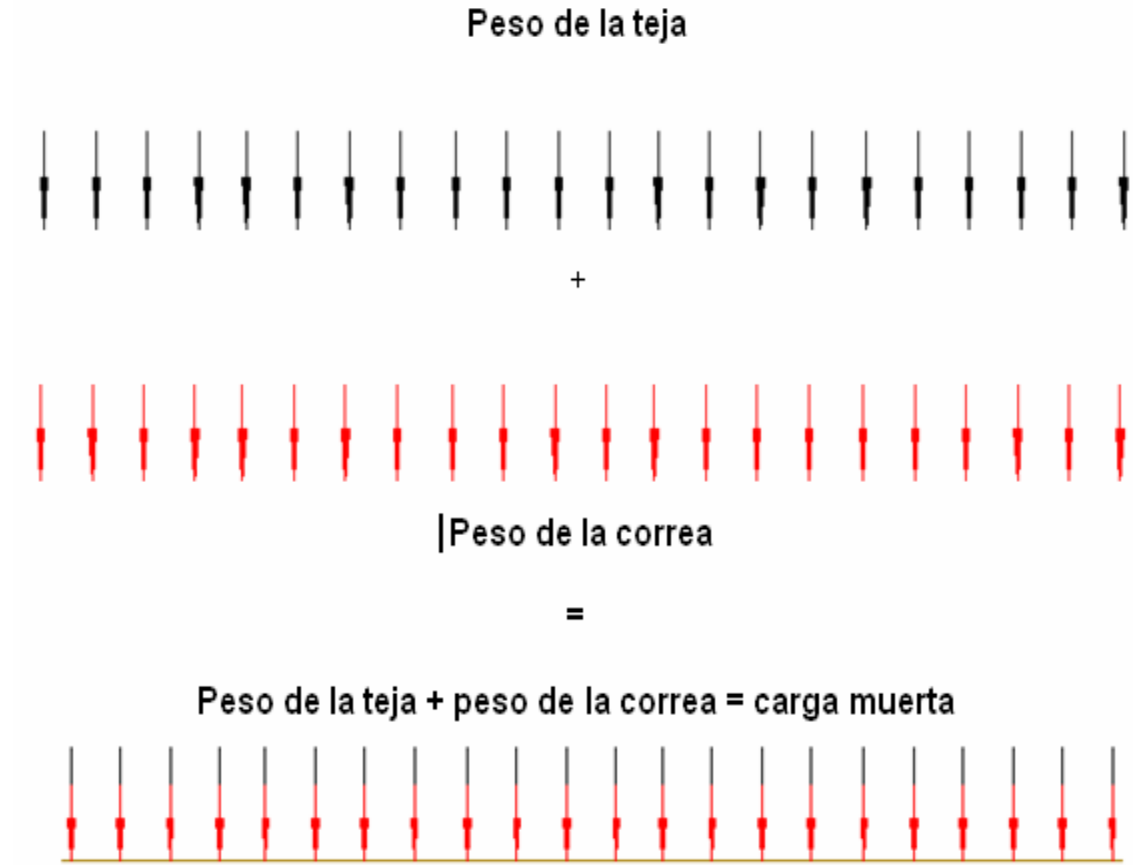
Carga de la total = peso de la teja/metro lineal + peso propio/metro lineal

- *Para una correa intermedia:*

$$\text{Peso teja} + \text{Peso correa} = 0.06422 \text{ KN/m} + 0.11 \text{ KN/m} = \mathbf{0.174 \text{ KN/m}}$$

Idealización de la transmisión de cargas en la correa con su peso propio + la carga que trasmite la teja.

Figura No 16 Carga muerta que le corresponde a las correas Intermedias.



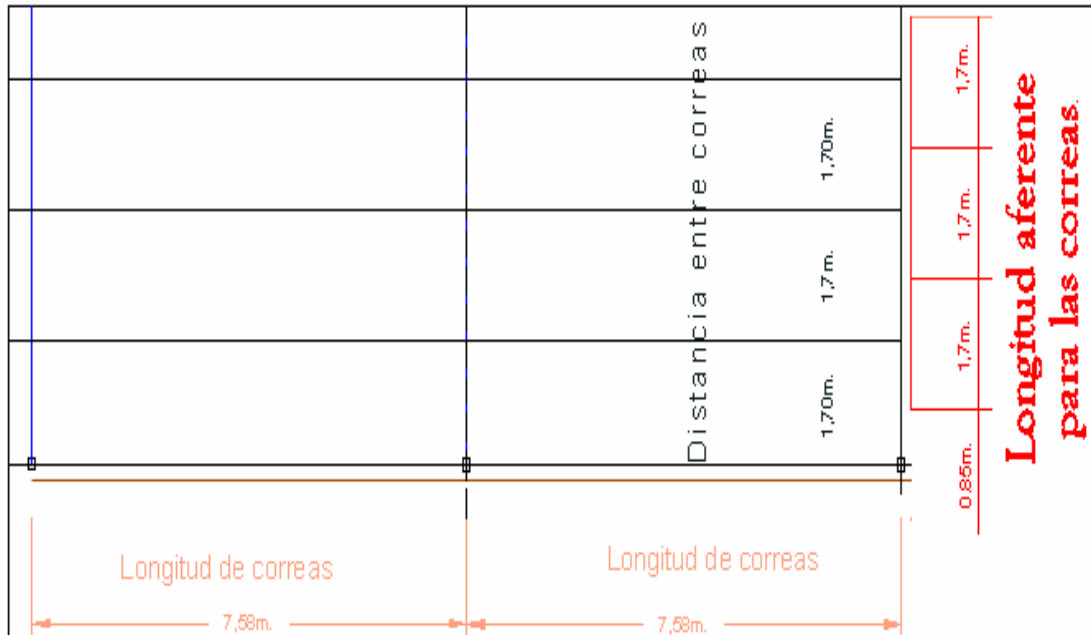
Fuente: Autores del proyecto

6.5.6. Carga Viva que le corresponde a las Correas. Para la carga viva se toma el valor hallado según la NSR-98

(B.4.2.1 -Cargas Vivas Requeridas), que para este ejemplo es de 0.5 KN/m^2 .

La longitud aferente de **1.7 m** (equivalente a la distancia entre correas tomada de la longitud útil de la teja), debido a que le corresponde la mitad de la carga de cada lado.

Figura No 17 Longitudes aferentes que corresponden a las correas. (Vista en planta)



Fuente: Autores del proyecto

Para una correa intermedia:

$$\text{Carga viva} = 0.5 \text{ KN/m}^2 * 1.7 \text{ m} = 0.8395 \text{ KN/m}$$

Para la primera y última correa:

$$\text{Carga viva} = 0.5 \text{ KN/m}^2 * 0.8395 \text{ m} = 0.4198 \text{ KN/m}$$

6.5.7. Carga de Viento que le corresponde a las Correas. La carga de viento obtenida anteriormente para repartirla en las correas se multiplica por la longitud aferente, para que sea linealmente distribuida sobre la correa que a su vez se idealiza como un elemento continuo.

Para una correa intermedia:

$$P_{\text{barlovento}} = -0.1408 \text{ KN/m}^2 * 1.7 \text{ m} = -0.24 \text{ KN/m}$$

$$P_{\text{sotavento}} = -0.088 \text{ KN/m}^2 * 1.7 \text{ m} = -0.15 \text{ KN/m}$$

$$P_{\text{paralelo}} = -0.12 \text{ KN/m}^2 * 1.7 \text{ m} = -0.204 \text{ KN/m}$$

Para la primera y última correa:

$$P_{\text{barlovento}} = -0.1408 \text{ KN/m}^2 * 0.85 \text{ m} = -0.12 \text{ KN/m}$$

$$P_{\text{sotavento}} = -0.088 \text{ KN/m}^2 * 0.85 \text{ m} = -0.075 \text{ KN/m}$$

$$P_{\text{paralelo}} = -0.12 \text{ KN/m}^2 * 0.85 \text{ m} = -0.102 \text{ KN/m}$$

Los valores de **1.7** y **0.85 m.** corresponden a la longitud aferente debido a la separación entre ellas, como se aprecia en la figura 17.

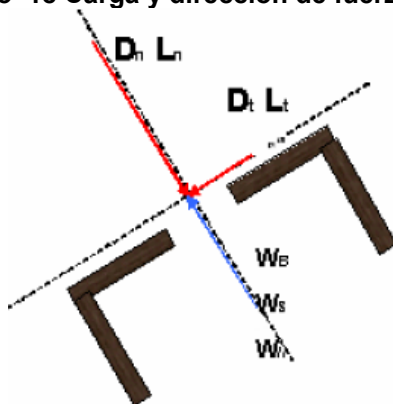
6.5.8. Carga y Dirección de Fuerzas para las Correas. A continuación, luego de obtener las cargas (viva y muerta) se descomponen con respecto a la inclinación de la cubierta, para conocer la magnitud de las fuerzas que actúan en dirección perpendicular a esta, que son las que intervienen en el diseño de la correa; las fuerzas de viento llegan en dirección perpendicular a la cubierta.

Las cargas obtenidas serán mayoradas con unos factores de seguridad que dicta la norma NSR-98.

Este proceso de descomponer y mayorar las cargas que se detalla a continuación lo realiza la HERRAMIENTA en la sección 1 /combinación de correa intermedia o extrema / según sea el caso.

(Se rotan los ejes X, Y)

Figura No 18 Carga y dirección de fuerzas para las correas



Fuente: Autores del proyecto

6.5.9. Cargas para Correas intermedias.

- **Carga muerta:**

$$D_{c+t} \text{ (sumatoria de las cargas de la correa y la teja)} = 0.174 \text{ KN/m}$$

Componentes

T (componente Tangencial de la carga muerta)

$$= 0.174 \text{ KN/m} * \cos (9.09028^\circ) = \mathbf{0.17 \text{ KN /m}}$$

N (componente Normal de la carga muerta)

$$= 0.174 \text{ KN/m} * \sin (9.09028^\circ) = 0.03 \text{ KN/m}$$

- **Carga Viva:**

$$L \text{ (carga viva)} = 0.84 \text{ KN/m}$$

Componentes

T (componente Tangencial de la carga muerta)

$$= 0.84 \text{ KN/m} * \cos (9.09028^\circ) = \mathbf{0.84 \text{ KN/m}}$$

N (componente Normal de la carga muerta)

$$= 0.84 \text{ KN/m} * \sin (9.09028^\circ) = 0.132 \text{ KN/m}$$

- **Carga Viento:**

$$W_b \text{ (Barlovento)} = \mathbf{-0.24 \text{ KN/m}}$$

$$W_s \text{ (Sotavento)} = \mathbf{-0.15 \text{ KN/m}}$$

$$W_p \text{ (paralela)} = \mathbf{-0.204 \text{ KN/m}}$$

6.5.10. Cargas para Correas en lo extremos

- **Carga muerta:**

$$D_{c+t} = 0.142 \text{ KN/m}$$

Componentes

$$T = 0.142 \text{ KN/m} * \cos (9.09028^\circ) = \mathbf{0.140 \text{ KN/m}}$$

$$N = 0.142 \text{ KN/m} * \sin (9.09028^\circ) = \mathbf{0.024 \text{ KN/m}}$$

- **Carga Viva:**

$$L = 0.4198 \text{ KN/m}$$

Componentes

$$T = 0.4198 \text{ KN/m} * \cos (9.09028^\circ) = \mathbf{0.415 \text{ KN/m}}$$

$$N = 0.4198 \text{ KN/m} * \text{sen} (9.09028^\circ) = \mathbf{0.066 \text{ KN/m}}$$

- **Carga Viento:**

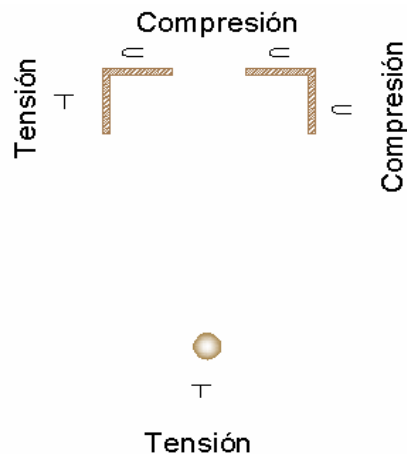
$$W_b \text{ (Barlovento)} = \mathbf{-0.12 \text{ KN/m}}$$

$$W_s \text{ (Sotavento)} = \mathbf{-0.075 \text{ KN/m}}$$

$$W_p \text{ (paralela)} = \mathbf{-0.102 \text{ KN/m}}$$

Después de calcular las cargas aplicadas a la correa en dirección normal, las cuales son mayoradas por factores como lo indica la norma NSR-98 combinaciones (**tabla 5**), se chequea que la sección escogida para la correa (sea capaz de resistir los efectos de este sistema de cargas mayoradas).

Figura No 19 Esquema general de las correas



Fuente: Autores del proyecto

- LOS CONTROLES QUE SE LLEVARÁN A CABO SON:

- Se calculará el esfuerzo en la fibra mas alejada del centroide, comprobando si este es $\leq \phi F_{cr}$, como se muestra en el numeral 6.6.2; con base en esto se determinara si la hipótesis cumple (el ángulo que se supuso cumple).

6.6 CHEQUEO DE LA CORREA TIPO INTERMEDIA.

6.6.1 Combinaciones y Mayoración de Cargas. Para realizar el chequeo de las correas intermedias es necesario calcular las posibles combinaciones de carga bajo las cuales trabajaría la cubierta, para este ejemplo académico solo se presentan las siguientes combinaciones teniendo en cuenta que para las cubiertas de teja la fuerza principal es la de viento, existen otras combinaciones en la norma *NSR-98* que incluyen la fuerza sísmica las cuales no se utilizaron para este ejemplo académico basado en los objetivos del curso de estructuras metálicas. Para luego escoger la combinación crítica en la sumatoria de fuerzas normales y tangenciales.

La HERRAMIENTA creada facilita el cálculo de éstas combinaciones. Su ruta de acceso es la siguiente: *sección 1/combinación de cercha intermedia*. Los datos de entrada en la hoja son: **carga viva (L)**, **carga muerta (D)**, **las cargas de viento (Wb, Ws, Wp)** y **el ángulo de la cubierta en grados**, (solo en las celdas amarillas):

Tabla 5 MAYORACIÓN PARA LAS CORREAS INTERMEDIAS.

fuerzas(KN/m)		COMBINACIONES PARA LAS CORREAS INTERMEDIAS									
		COMBINACIONES	Dn	Dt	Lrn	Lrt	Wb	Ws	Wp	Σfza norm	Σfza tan
D	0.17	1.4D	0.24	0.04						0.24	0.04
Dn	0.17	1.2D+0.5Lr	0.21	0.03	0.41	0.07				0.62	0.10
Dt	0.03	1.2D+1.6Lr+0.8Wb	0.21	0.03	1.33	0.21	-0.19			1.34	0.25
Lr	0.84	1.2D+1.6Lr+0.8Ws	0.21	0.03	1.33	0.21		-0.12		1.41	0.25
Lrn	0.83	1.2D+1.6Lr+0.8Wp	0.21	0.03	1.33	0.21			-0.16	1.37	0.25
Lrt	0.13	1.2D+1.3Wb+0.5Lr	0.21	0.03	0.41	0.07	-0.31			0.31	0.10
Wb	-0.24	1.2D+1.3Ws+0.5Lr	0.21	0.03	0.41	0.07		-0.20		0.43	0.10
Ws	-0.15	1.2D+1.3Wp+0.5Lr	0.21	0.03	0.41	0.07			-0.27	0.36	0.10
Wp	-0.20	1.2D	0.21	0.03						0.21	0.03
∅ (grados) de Cumbrea	9.09	0.9D-1.3Wb	0.15	0.02			-0.31			-0.16	0.02
		0.9D-1.3Ws	0.15	0.02				-0.20		-0.04	0.02
∅ en RAD	0.16	0.9D-1.3Wp	0.15	0.02					-0.27	-0.11	0.02

Fuente: Autores del proyecto

Como se observa la combinación mas crítica fue: **1.2D + 1.6Lr + 0.8Ws**. De ella se toman los datos resultantes en la sumatoria de fuerzas normales y tangenciales, para dar paso al chequeo de los ángulos propuestos.

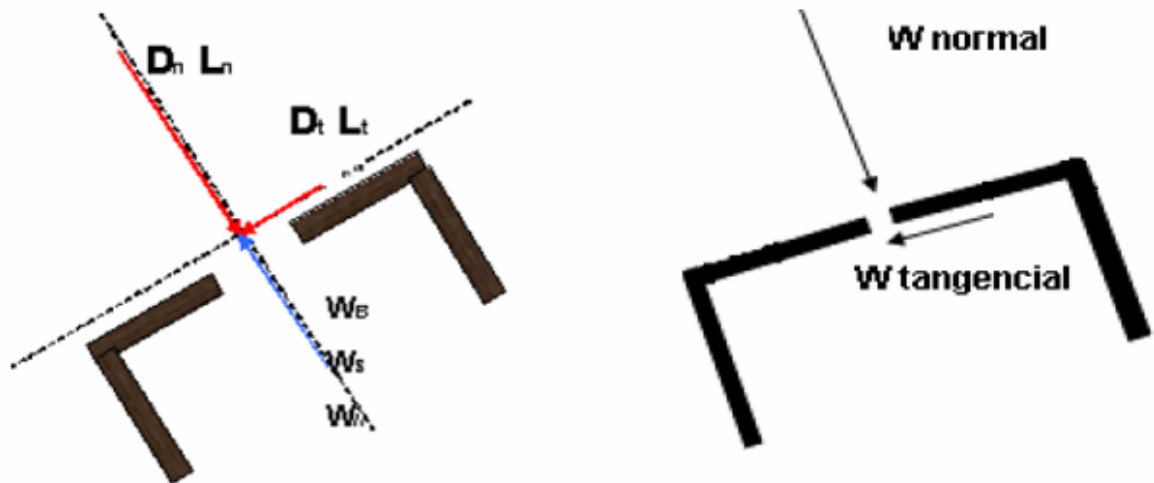
Las cargas críticas mayoradas son:

- *carga Normal (Wn): 1.41 KN/m*
- *carga Tangencial (Wt): 0.25 KN/m*

6.6.2 Comprobación del Esfuerzo Admisible Vs. Esfuerzo de la Fibra más Alejada del Centroide.

- **Chequeo de la correa intermedia.** El proceso que se indica a continuación es el que realiza la HERRAMIENTA en la *sección 1/chequeo y combinación de correas.*

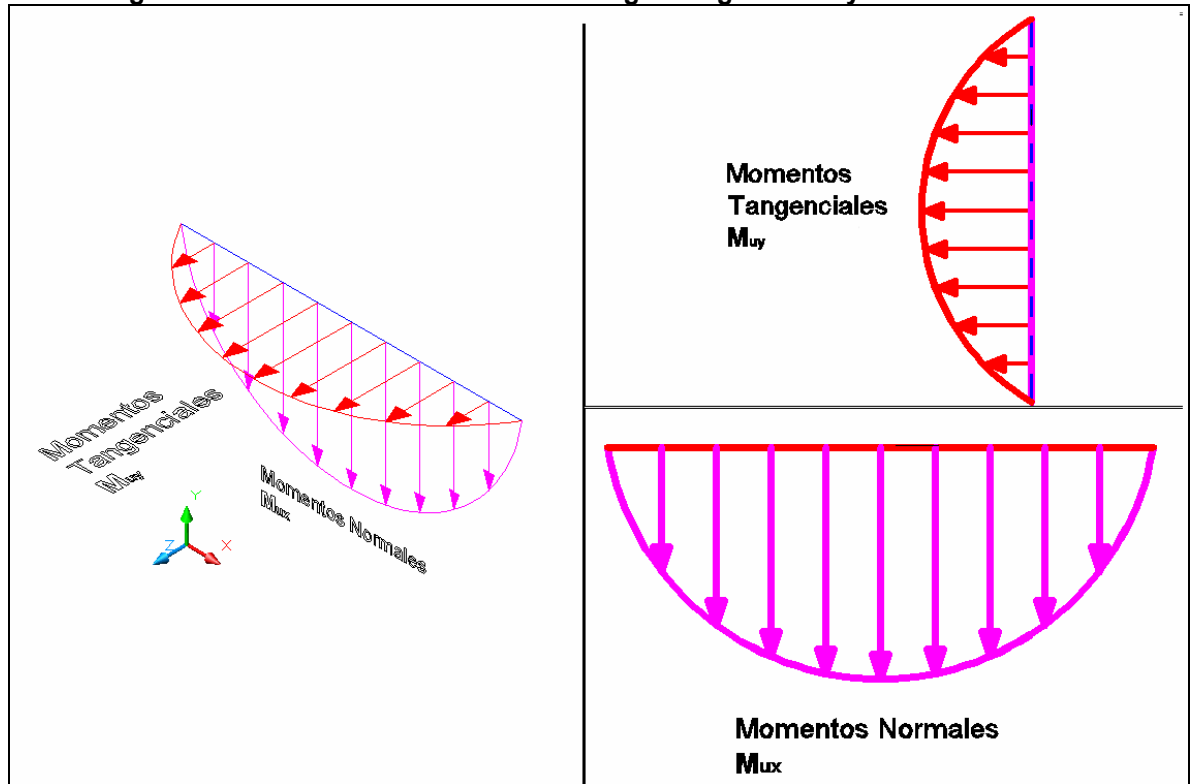
Figura No 20 Dirección de las fuerzas y resultante de la sumatorias



Fuente: Autores del proyecto

- Encontrando los momentos:

Figura No 21 Momentos debido a las cargas tangenciales y normales.



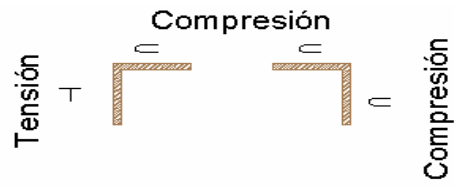
Fuente: autores del proyecto.

- Longitud de correas 7.6 m
- Para el M_{ux} w (1.41) es la carga normal crítica obtenida al mayoral las cargas.
- Para el M_{uy} w (.25) es la carga tangencial crítica obtenida al mayoral las cargas.

$$M_{ux} = \frac{wl^2}{8} = \frac{(1.41)(7.6)^2}{8} = 10.18KN - m$$

$$M_{uy} = \frac{wl^2}{8} = \frac{(0.25)(7.6)^2}{8} = 1.81KN - m$$

Figura No 22 Sección transversal de las correas.



T

Tensión

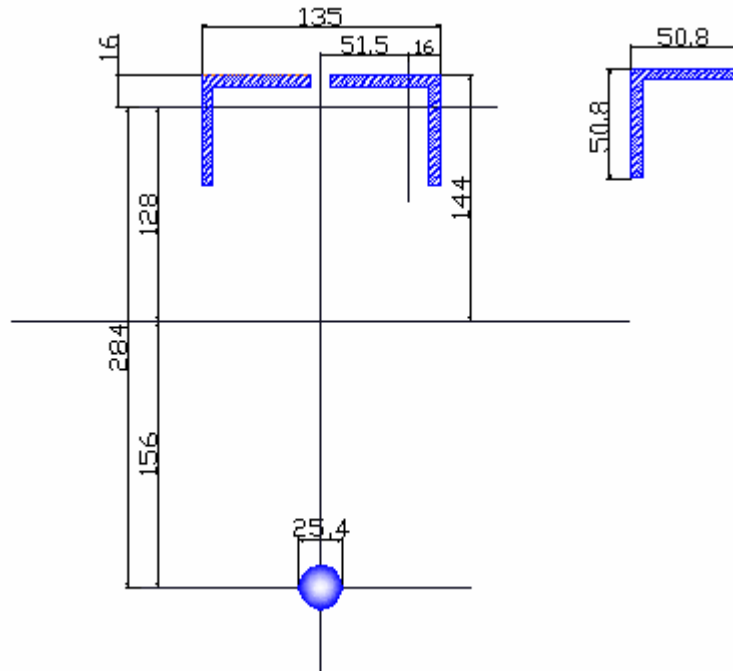
Fuente: Autores del proyecto

Áreas

Angulo: $2 * 2 * \frac{1}{8} = 3.09 \text{ cm}^2$

Varilla: $\varnothing 1' = 5.07 \text{ cm}^2$

Figura No 23 Cálculo de centroide de correa intermedia



Fuente: Autores del proyecto

Encontrando el centroide de la figura 23:

$$\bar{y} = \frac{2(309)(284)}{(2 * 309 + 506.71)} = 156$$

Se calculan las Inercias:

$$I_{x'} = 2(791000) + 2(309)(128)^2 + \frac{\pi}{4}(25.4)^4 + 506.71(156)^2 = 22'642295 \text{ mm}^4$$

$$I_{y'} = 2(79100) + 2(309)(51.5)^2 + \frac{\pi}{4}(25.4)^4 = 1'817722 \text{ mm}^4$$

Se usará la evaluación de esfuerzos, para lo cual el esfuerzo máximo a compresión en la fibra más alejada del cetroide:

$$f_u = \frac{M_{ux'} * C_{x'}}{I_{x'}} + \frac{M_{uy'} * C_{y'}}{I_{y'}} = \frac{(10.13E6)(70)}{22'642295} + \frac{(1.8E6)(143.99)}{1'817722} = 131.07 \text{ MPa}$$

Comprobando para el conjunto

$$r_x = \sqrt{\frac{I_{x'}}{A}} = \sqrt{\frac{22'642295}{1125}} = 138.1$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_{y'}}{A}} = \sqrt{\frac{1'817722}{1125}} = 41.96$$

Entonces

$$\left[\frac{Kl}{r} \right]_{x\text{-conjunto}} = \left[\frac{1 * 7580}{138.05} \right] = 53.43$$

$$\left[\frac{Kl}{r} \right]_{y\text{-conjunto}} = \left[\frac{1 * 3790}{41.96} \right] = 94.29$$

$$\left[\frac{Kl}{r} \right]_{\text{individuo}} = \left[\frac{1 * 300}{12.4} \right] = 29.70$$

Luego

$$\lambda_c = \frac{94.29}{\pi} \sqrt{\frac{250}{2E5}} = 1.06$$

$$F_{cr} = 0.658^{\lambda_c^2} F_y = 0.658^{1.06^2} F_y = 0.624 \quad F_y = 156.2 \text{ Mpa}$$

$$\Phi F_{cr} = 0.85(156.2) = 133 \text{ Mpa}$$

Se compara el valor de f_u con el de ΦF_{cr}

$$f_u < \Phi F_{cr}$$

- **131.07 MPa < 133 MPa → O.K.**

Por tanto, el ángulo escogido cumple.

6.6.3 Comprobación del Esfuerzo Admisible Vs. Esfuerzo de la Fibra más Alejada del Centroide. (Empleando la HERRAMIENTA)

En los siguientes esquemas se muestran, para todo el chequeo, la manera de introducir los datos en las hojas de Excel (solo en las “casillas amarillas”).

La ruta de acceso es la siguiente: *sección 1/ contenido / chequeo de correas*, se ingresan los datos en las casillas correspondientes a **W_n**, **W_t**, **D**. Donde:

W_{normal} (W_n): Sumatoria de fuerzas normales de la combinación crítica.

W_{tangencial} (W_t): Sumatoria de fuerzas tangenciales de la combinación crítica.

D: Distancia entre cerchas. (m)

W_n (KN)	1.41
W_t (KN)	0.25
D ENTRE CERCHAS (m)	7.58

En el **anexo B** se encuentran las propiedades de los ángulos, entre las que se seleccionan, el área, radio de giro en **x** (r_x), radio e giro en **Z** (r_z), área, diámetro de la varilla, y se ingresan en las casillas amarillas en las unidades que se indican.

Área ángulo (cm.)	309,00
r(mm) X	16.00
r(mm) Z	10.10
Área varilla (cm.)	507.00
Diámetro varilla (mm)	25.40
Inercia Tablas (mm)	79100.00

Para configurar la correa se introducen los datos de altura (**H**) y ancho (**b**):

H de la correa (mm)	300.00
b de la correa (mm)	135.00

Se compara el esfuerzo admisible con el esfuerzo en la fibra mas alejada del centroide.

Fcr [Mpa]	\geq	Esfuerzo fibra alejada [Mpa]
132.65		131.07

$F_u < \Phi F_c r$ **OK**

6.6.4 Diseño de la Correa de los extremos. La correa de los extremos no es necesario diseñarla en toda ocasión, ya que solo con el diseño de la correa intermedia basta, debido que las correas de los extremos tienen menos carga aferente, pero acorde con proyecto, podría ser significativo el ahorro en el diseño de la correa de los extremos. Para este proceso planteado, el cual es el mismo que el de la correa intermedia, pero ingresando datos diferentes, en el CD se encuentra la HERRAMIENTA su ruta de acceso es la siguiente: *sección 1/contenido/combinación correa extrema*) se presenta la tabla que calcula la combinación crítica solo ingresando los datos en las casillas amarillas, como vemos en la siguiente imagen.

Tabla 6 MAYORACION PARA LAS CORREAS EXTREMAS.

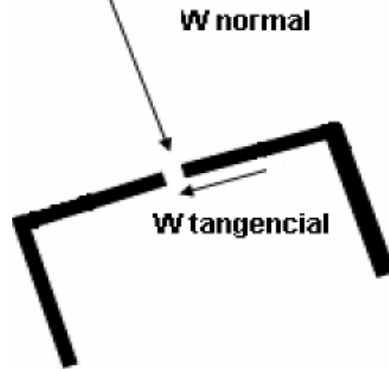
fuerzas(KN)		COMBINACIONES PARA LAS CORREAS EXTREMAS									
		COMBINACIONES	Dn	Dt	Lrn	Lrt	Wb	Ws	Wp	Σfza norm	Σfza tan
D	0.14	1.4D	0.20	0.03						0.20	0.03
Dn	0.14	1.2D+0.5Lr	0.17	0.03	0.21	0.03				0.38	0.06
Dt	0.02	1.2D+1.6Lr+0.8Wb	0.17	0.03	0.66	0.11	-0.10			0.74	0.13
Lr	0.42	1.2D+1.6Lr+0.8Ws	0.17	0.03	0.66	0.11		-0.06		0.77	0.13
Lrn	0.41	1.2D+1.6Lr+0.8Wp	0.17	0.03	0.66	0.11			-0.08	0.75	0.13
Lrt	0.07	1.2D+1.3Wb+0.5Lr	0.17	0.03	0.21	0.03	-0.16			0.22	0.06
Wb	-0.12	1.2D+1.3Ws+0.5Lr	0.17	0.03	0.21	0.03		-0.10		0.28	0.06
Ws	-0.08	1.2D+1.3Wp+0.5Lr	0.17	0.03	0.21	0.03			-0.13	0.24	0.06
Wp	-0.10	1.2D	0.17	0.03						0.17	0.03
∅ (grados) de cumblera	9.09	0.9D-1.3Wb	0.13	0.02			-0.16			-0.03	0.02
		0.9D-1.3Wb	0.13	0.02				-0.10		0.03	0.02
∅ en RAD	0.16	0.9D-1.3Wb	0.13	0.02					-0.13	-0.01	0.02

Fuente: autores del proyecto.

Se obtiene la combinación más crítica y se pasa al chequeo de los ángulos supuestos. El chequeo de estas correas se repite (es el mismo proceso de la correa intermedia).

6.6.5 Diseño de Correas de los extremos

Figura No 24 Diseño de correas de los extremos



Fuente: Autores del proyecto

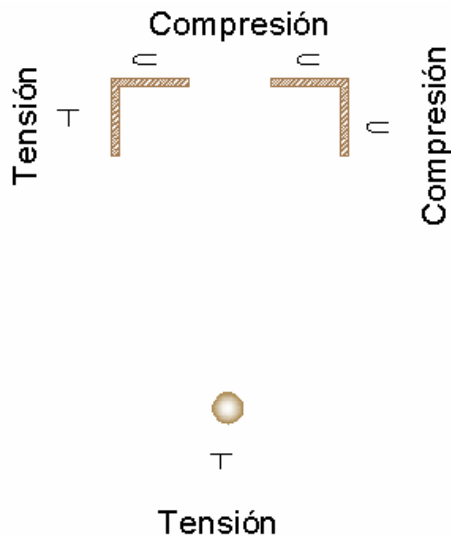
Se calculan los momentos normal y tangencial de la sección:

Longitud entre cerchas 7.58 m

$$M_{ux} = \frac{wl^2}{8} = \frac{(0.77)(7.6)^2}{8} = 5.53 \text{KN} - m$$

$$M_{uy} = \frac{wl^2}{8} = \frac{(0.13)(7.6)^2}{8} = 0.93 \text{KN} - m$$

Figura No 25 Correa de los extremos



Fuente: Autores del proyecto

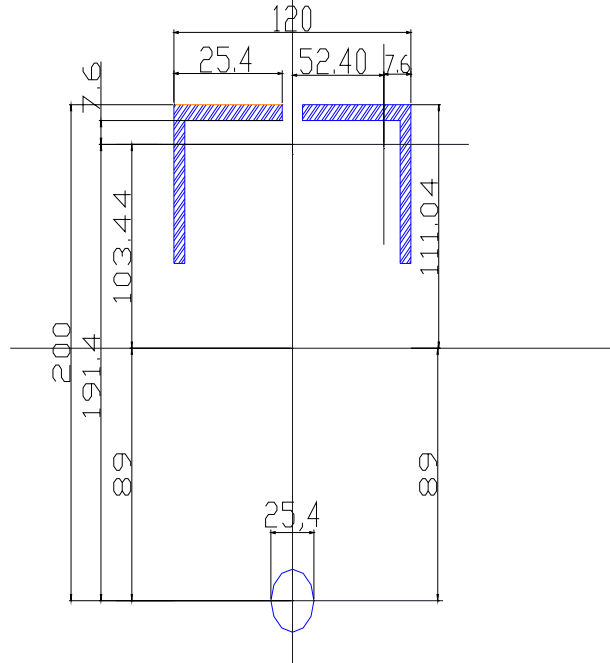
Áreas

Angulo: $1 \times 1 \times 1/8 = 1.48 \text{ cm}^2$

Varilla: $\varnothing 1' = 5.07 \text{ cm}^2$

Encontrando el centroide:

Figura No 26 Cálculo de centroide de correa extrema



Fuente: Autores del proyecto

Se calculan las Inercias:

$$I_{x'} = 2(12500) + 2(218)(103.44)^2 + \frac{\pi}{4}(25.4)^4 + 506.71(89)^2 = 8'722897 \text{ mm}^4$$

$$I_{y'} = 2(12500) + 2(218)(52.40)^2 + \frac{\pi}{4}(25.4)^4 = 1'242583 \text{ .m}^4$$

Se usara la evaluación de esfuerzos, para lo cual el esfuerzo máximo a compresión en la fibra mas alejada es:

$$f_u = \frac{M_{ux'} * C_{x'}}{I_{x'}} + \frac{M_{uy'} * C_{y'}}{I_{y'}} = \frac{(5.53E6)(111.04)}{8'722897} + \frac{(0.93E6)(52.4)}{1'242583} = 115.48 \text{ MPa}$$

Comprobando para el conjunto

$$r_x = \sqrt{\frac{I_{x'}}{A}} = \sqrt{\frac{872289}{725}} = 96.18$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_{y'}}{A}} = \sqrt{\frac{1242583}{725}} = 36.30$$

Entonces

$$\left[\frac{Kl}{r} \right]_{x \text{ conjunto}} = \left[\frac{1*7580}{96.18} \right] = 78.81$$

$$\left[\frac{Kl}{r} \right]_{y \text{ conjunto}} = \left[\frac{1*3790}{36.30} \right] = 104.41$$

$$\left[\frac{Kl}{r} \right]_{\text{individuo}} = \left[\frac{1*300}{4.8} \right] = 41.67$$

Luego

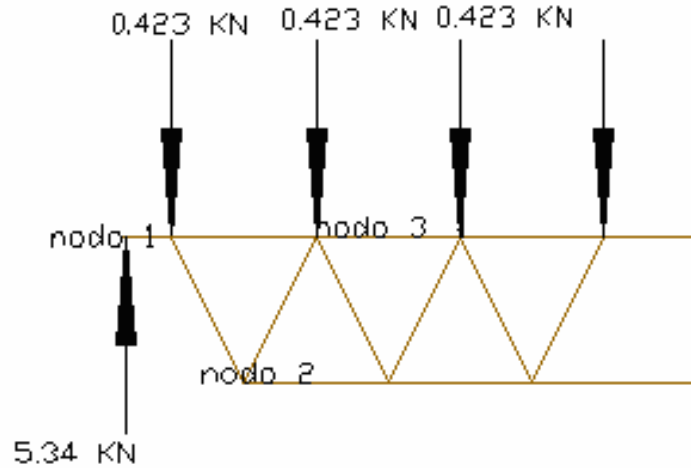
$$\lambda_c = \frac{104.41}{\pi} \sqrt{\frac{250}{2E5}} = 1.17$$

$$F_{cr} = 0.658^{\lambda_c^2} F_y = 0.658^{1.17^2} F_y = 0.564 \quad F_y = 140.96 \text{ Mpa}$$

$$\Phi F_{cr} = 0.85(140.96) = 119.23 \text{ Mpa}$$

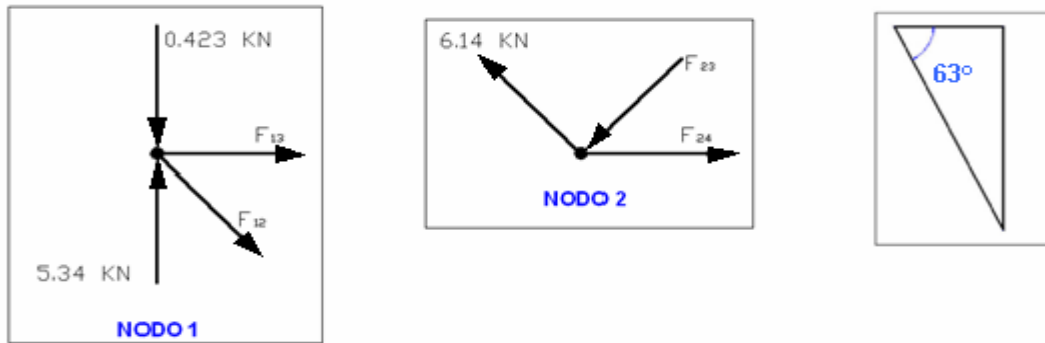
Este valor se compara con el esfuerzo máximo a compresión en la fibra más alejada. Las reacciones en los apoyos debido a la carga normal son de 5.34 KN. Este valor surge de multiplicar la carga por la longitud entre nodos y dividirlo entre dos, para cargarlos con la parte correspondiente a la carga distribuida en toda la correa.

Figura No 27 Reacciones en los apoyos debido a la carga normal.



Fuente: Autores del proyecto.

Figura No 28 Fuerzas internas en los nodos.



Fuente: Autores del proyecto.

Fuerzas internas:

Planteando sistemas de ecuaciones y haciendo sumatoria en X y Y, se obtienen las fuerzas internas.

$$F_{12} = 5.51 \text{ KN (T)}$$

$$F_{23} = 5.51 \text{ KN (C)}$$

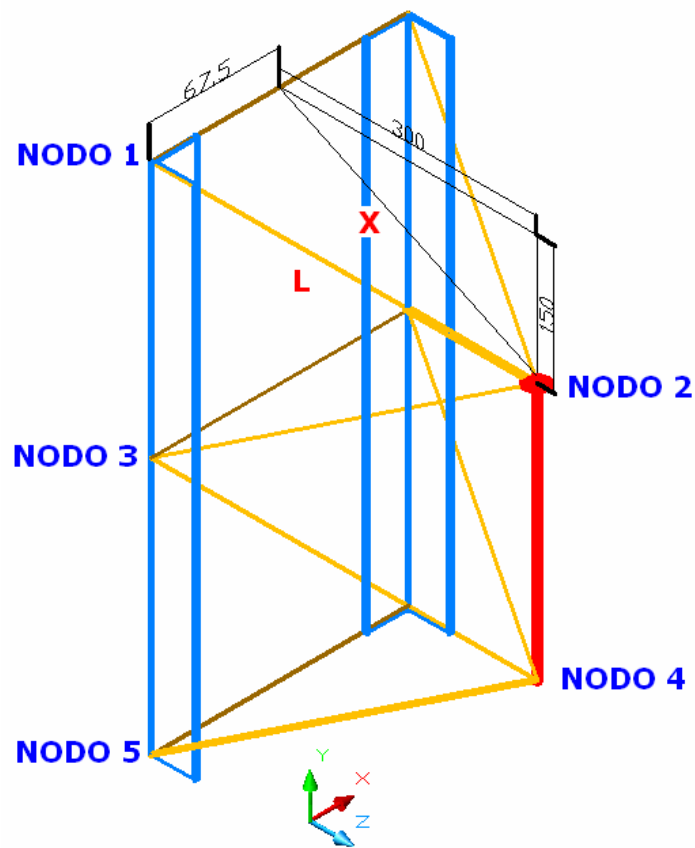
$$F_{13} = -2.5 \text{ KN (C)}$$

6.7 DISEÑO DE LA CELOSÍA PARA LA CORREA INTERMEDIA.

La celosía es la que une a la varilla que esta en la parte inferior (entre NODO 2 y NODO 4) con los ángulos que son la parte superior de la correa. En esta sección se presentan los cálculos del diseño de una celosía para la correa:

6.7.1 Diseño de la Celosía normal.

Figura No 29 Diseño de la Celosía normal.



Fuente: Autores del proyecto

Para el cálculo de la longitud de la celosía normal desde el nodo 1 al nodo 2

primero se calcula X.

$$X = \sqrt{150^2 + 300^2} = 335.4 \text{ mm}$$

Luego se calcula la longitud de la celosía L

$$L = \sqrt{335.4^2 + 67.5^2} = 342.3 \text{ mm}$$

Chequeo a compresión.

Se usa una varilla **1 Ø 1/2"**

Ø = 12.7 mm.

$r \approx 0.2 \text{ Ø} = 3.2 \text{ mm}$.

$F_y = 420 \text{ Mpa}$.

$$\left[\frac{KL}{r} \right] = \left[\frac{1 * 342.3}{3.2} \right] = 106.91 < 200$$

$$\lambda_c = \frac{129}{\pi} \sqrt{\frac{420}{2E5}} = 1.88 > 1.5$$

$$F_{cr} = \frac{0.877}{\lambda_c^2} F_y = 0.2481 F_y = 104.21 \text{ Mpa}$$

$$\Phi F_{cr} = 0.85(104.21) = 88.6 \text{ Mpa}$$

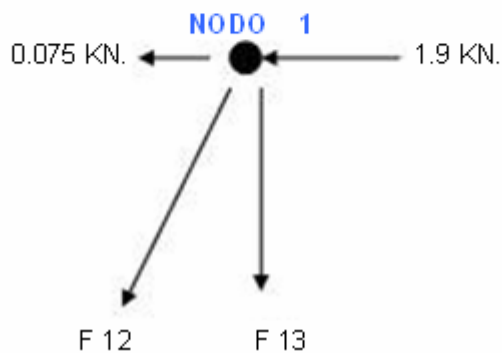
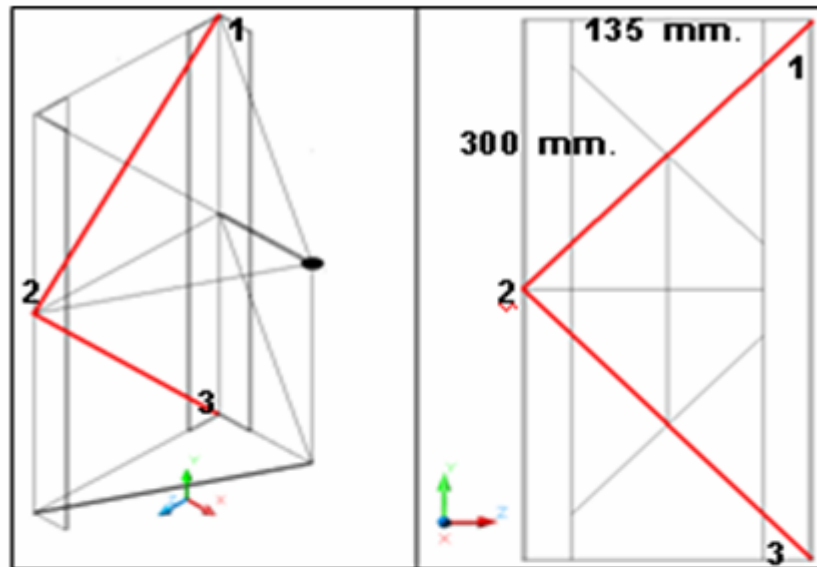
$$\Phi P_n = (88.6 \text{ Mpa}) \left(\frac{\pi}{4} * 12.7^2 \right) = 11.221 \text{ KN} \geq F_{23} = 5.52 \text{ KN. OK}$$

$F_{23} = 5.52 \text{ KN}$. Es la fuerza crítica para el diseño a compresión

6.7.2 Diseño de la Celosía tangencial.

Con la longitud (línea roja) $\sqrt{(135^2+300^2)}= 328.97$ mm.

Figura No 30 Diseño de la celosía tangencial.



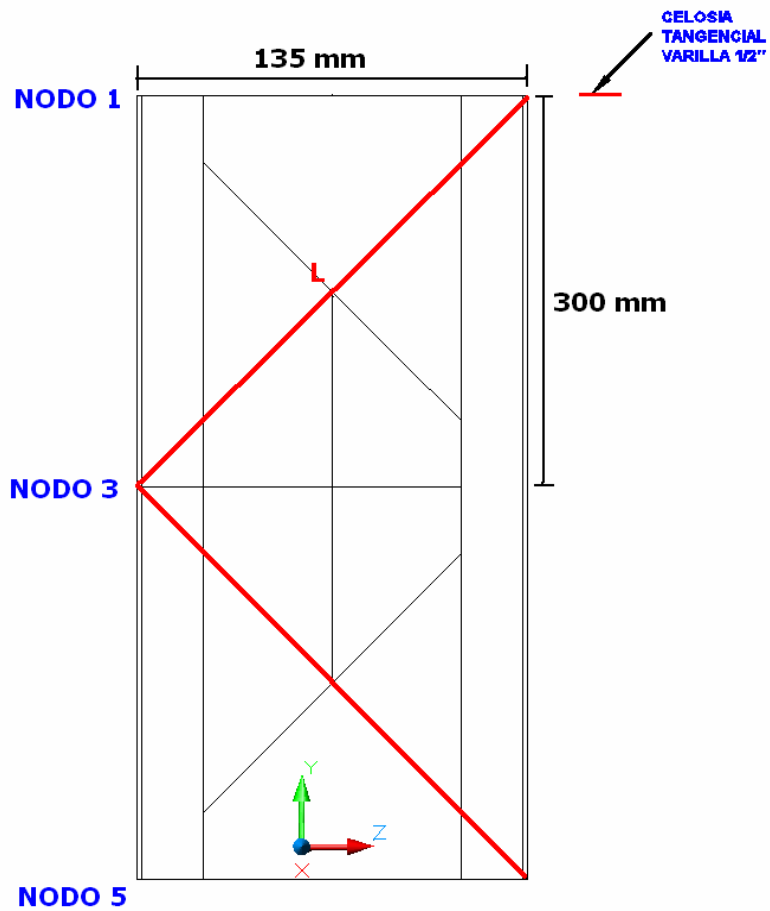
Fuente: Autores del proyecto.

Las reacciones en los apoyos debido a la tangencial normal son de 1.9 kN. Y 0.75 kN. Por la carga que le corresponde al nodo por longitud aferente.

F 12 = - 4.8 kN. (C)

F 13 = 4 kN. (T)

Figura No 31 Diseño de la celosía tangencial.



Fuente: Autores del proyecto.

Chequeo a compresión.

Usaremos 1 Ø 1/2"

Ø= 12.7 mm.

$r \approx 0.25 \text{ Ø} = 3.2 \text{ mm.}$

$F_y = 420 \text{ Mpa.}$

$$\left[\frac{Kl}{r} \right] = \left[\frac{1 * 328.97}{3.2} \right] = 102.5 < 200$$

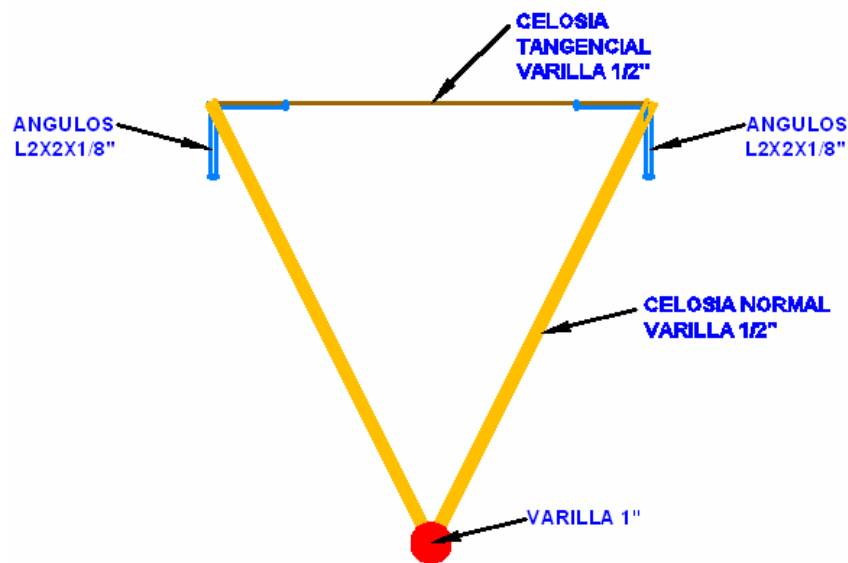
$$\lambda_c = \frac{102.5}{\pi} \sqrt{\frac{420}{2E5}} = 1.51 > 1.5$$

$$F_{cr} = \frac{0.877}{\lambda_c^2} F_y = 0.38 F_y = 159.6 \text{ Mpa}$$

$$\Phi F_{cr} = 0.85(159.6) = 135.66 \text{ Mpa}$$

$$\Phi P_n = (135.66 \text{ Mpa}) \left(\frac{\pi}{4} * 12.7^2 \right) = 17.18 \text{ KN} \geq F_{12} = 4.8 \text{ KN. OK}$$

Figura No 32 Diseño final de celosía



Fuente: Autores del proyecto

6.8 CERCHA

Una cercha o armadura es una configuración estructural de elementos, generalmente sólo soportada en sus extremos y formada por una serie de miembros rectos arreglados y conectados unos a otros, de tal manera que los esfuerzos transmitidos de un miembro a otro sean axiales ó longitudinales a ellos únicamente, esto es de tensión ó compresión.

Para muros y columnas separadas más de 12 m, es generalmente es económico utilizar armaduras para techo.

6.8.1 TIPOS DE CONFIGURACIÓN

6.8.1.1 Configuración completa. Es aquella que se compone de un número mínimo de miembros necesario para formar una estructura hecha completamente de triángulos.

6.8.1.2 Configuración incompleta. Es un entramado no compuesto totalmente de triángulos. Para cargas simétricas esta configuración puede ser estable, pero si la carga es asimétrica, ocurrirá una distorsión que puede provocar la falla. Una configuración incompleta se considera que es inestable y siempre debe eludirse.

6.8.1.3 Configuración redundante. Es un entramado que contiene un número de miembros mayor que el requerido para formar el número mínimo de triángulos. Solo se descompone la fuerza del viento para que actúe en la misma dirección de las cargas viva y muerta.

6.8.2 Partes de una Armadura. Una armadura está compuesta principalmente por:

6.8.2.1 Cuerda superior. Consta de la línea de miembros más alta que se extiende de un apoyo a otro pasando por la cumbrera. Para armaduras triangulares el esfuerzo máximo en la cuerda superior ocurre generalmente en el miembro contiguo al apoyo.

6.8.2.2 Cuerda inferior. Compuesta por la línea de miembros más baja que va de un apoyo a otro. El esfuerzo máximo en armaduras triangulares en la cuerda inferior se establece en el miembro adyacente al apoyo.

6.8.2.3 Miembros del alma. Son los miembros que unen las juntas de las cuerdas superior e inferior dependiendo de sus posiciones se llaman verticales o diagonales. Con base en el tipo de esfuerzos, los miembros a compresión de una

armadura se llaman *puntales* y los que están sometidos a esfuerzos de tensión se llaman *tirantes*.

6.8.2.4 Junta de talón. La junta en el apoyo de una armadura triangular.

6.8.2.5 Cumbre. La junta en el pico más alto.

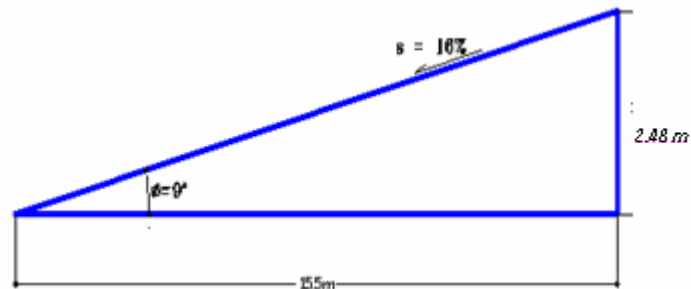
6.8.2.6 Nudos. Los puntos en donde se unen los miembros del alma.

6.8.2.8 Peralte. Es la distancia vertical de la cumbre a la línea que une los apoyos de la armadura.

6.8.3 Peso de la Cercha. La configuración de la cercha esta dada principalmente por la longitud de la teja menos la longitud del traslape, donde estarán ubicados los nodos en el cordón superior, según el orden de transmisión de cargas a estos llega la carga transmitida por las correas que a se vez soportan la cubierta.

En nuestro caso la longitud es de 1.9 m. y el traslape es de 20 cm., para darle la configuración a la cercha con una distancia entre nodos de 1.7 m.

Figura No 33 Pendiente de la cercha



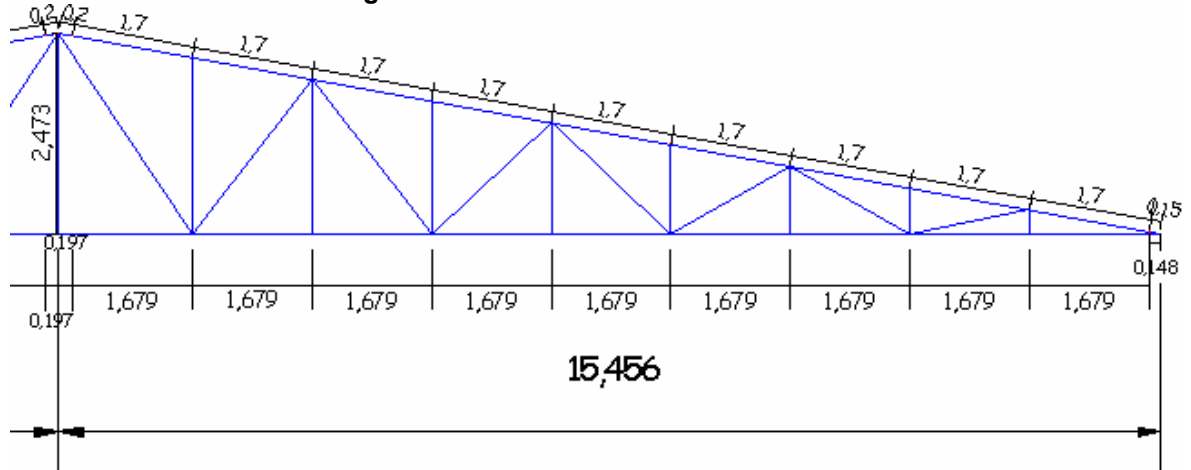
Fuente: Autores del proyecto

“SOLO SE MUESTRA EL CALCULO CON LA SECCIÓN QUE CUMPLE”

Inicialmente se escogen 2 ángulos de 4*4*1/4", donde cada uno tiene como masa por metro lineal 9.82 Kg/m, y se usan en cada uno de los elementos que componen la cercha.

Se calcula la longitud total de los elementos de la cercha:

Figura No 34 Cálculo de masa de cercha



Fuente: Autores del proyecto

Para la mitad de la cercha:

$$(15.456 + 15.65 + 0.292 + 0.561 + 0.83 + 1.098 + 1.367 + 1.64 + 1.904 + 2.173 + 1.704 + 2 \cdot 1.8729 + 2 \cdot 2.165 + 2 \cdot 2.538 + 3.1040) \text{ m} = 58.9308 \text{ m}$$

Para la cercha completa:

$$2 \cdot 58.9308 \text{ m} + 2.473 \text{ m} = 120.3346 \text{ m}$$

$$\text{Masa de la Cercha} = 9.82 \text{ Kg/m} \cdot 2 \cdot 120.3346 \text{ m} = 2363.4 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso Cercha} = 2363.4 \text{ Kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 = 23634 \text{ N} = 23.634 \text{ KN}$$

$$23.6 \text{ KN} / 31.5016 \text{ m} = 0.75 \text{ KN/m}$$

Para cargar los nodos con el peso propio de la cercha, se multiplica por la distancia aferente, que es la misma distancia entre ellos.

Para nodos centrales

$$0.75 \text{ KN/m} \cdot 1.7 = \mathbf{1.313 \text{ KN}}$$

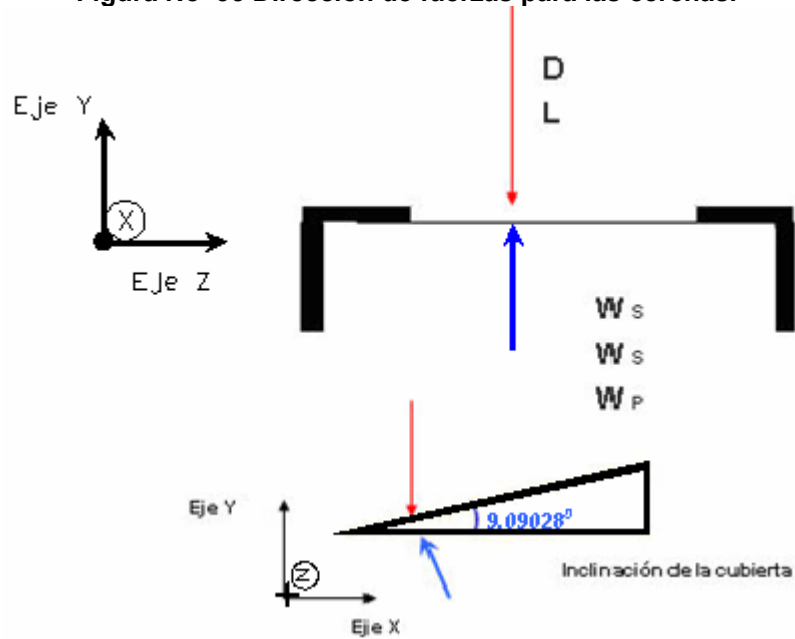
Para nodos extremos

$$0.75 \text{ KN/m} \cdot 0.875 = 0.66 \text{ KN}$$

6.8.4 Carga y dirección de fuerzas para las Cerchas. En esta sección se descompone solo la fuerza de viento ya que se usa la componente vertical (y) de esta fuerza, que esta en la misma dirección de las cargas viva y muerta, y su componente horizontal (x) se pasan a puntuales y se mayoran para luego escoger la combinación más crítica.

El proceso que se detalla a continuación es el realizado por la HERRAMIENTA, con la siguiente ruta de acceso: *sección 2 / combinación de cerchas intermedias o extremas/*. Según sea el caso.

Figura No 35 Dirección de fuerzas para las cerchas.



Fuente: Autores del proyecto.

6.9. COMPONENTES DE LAS FUERZAS DE VIENTO.

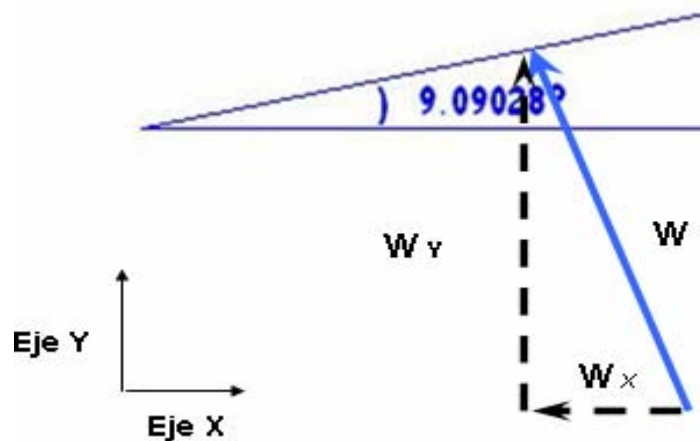
Componentes de la fuerza de viento

$$W_y = W * \cos (9.09028^\circ)$$

$$W_x = W * \sin (9.09028^\circ)$$

Se toma la carga que esta distribuida sobre las correas y las descomponemos.

Figura No 36 Componentes de las fuerzas de viento.



Fuente: Autores del proyecto.

Para Barlovento en correa intermedia:

$$Y = -0.24 \text{ KN/m} * \cos (9.09028^\circ) = -0.237 \text{ KN/m}$$

$$X = -0.24 \text{ KN/m} * \sin (9.09028^\circ) = -3.79 * 10^{-2} \text{ KN/m}$$

Para Sotavento en correa intermedia:

$$Y = -0.15 \text{ KN/m} * \cos (9.09028^\circ) = -0.148 \text{ KN/m}$$

$$X = -0.15 \text{ KN/m} * \sin (9.09028^\circ) = -2.37 * 10^{-2} \text{ KN/m}$$

Para Wp en correa intermedia:

$$Y = -0.2 \text{ KN/m} * \cos (9.09028^\circ) = -0.20 \text{ KN/m}$$

$$X = -0.2 \text{ KN/m} * \sin (9.09028^\circ) = -0.003 \text{ KN/m}$$

Para Barlovento en correa del extremo:

$$Y = -0.12 \text{ KN/m} \cdot \cos(9.09028^\circ) = -0.1185 \text{ KN/m}$$

$$X = -0.12 \text{ KN/m} \cdot \sin(9.09028^\circ) = -1.896 \cdot 10^{-2} \text{ KN/m}$$

Para Sotavento en correa del extremo:

$$Y = -0.075 \text{ KN/m} \cdot \cos(9.09028^\circ) = -7.406 \cdot 10^{-2} \text{ KN/m}$$

$$X = -0.075 \text{ KN/m} \cdot \sin(9.09028^\circ) = -1.185 \cdot 10^{-2} \text{ KN/m}$$

Para Wp en correa intermedia:

$$Y = -0.2 \text{ KN/m} \cdot \cos(9.09028^\circ) = -0.20 \text{ KN/m}$$

$$X = -0.2 \text{ KN/m} \cdot \sin(9.09028^\circ) = -0.003 \text{ KN/m}$$

6.9.1 Cargas que le corresponden a una Cercha intermedia. Teniendo las componentes de las fuerzas de viento distribuidas linealmente en las correas, se procede a multiplicarlas por su longitud, para obtener la carga puntual para un nodo. Luego se mayoran esta cargas para obtener las cargas de diseño. Las cargas en negrilla son los datos a introducir a la HERRAMIENTA en las casillas amarillas.

Carga Muerta (sumatoria de cargas muertas, correa+ teja y peso propio)

$$D_{c+t+P_{\text{propio}}} = 0.174 \text{ KN/m} \cdot 7.58 \text{ m} + 0.75 \text{ KN/m} \cdot 1.7 \text{ m} = 2.6 \text{ KN}$$

Carga Viva: $L = 0.84 \text{ KN/m} \cdot 7.6 \text{ m} = \mathbf{6.37 \text{ KN}}$

Carga Viento: Barlovento: $-0.24 \text{ KN/m} \cdot 7.6 \text{ m} = \mathbf{-1.82 \text{ KN}}$

$$B_y = -0.237 \text{ KN/m} \cdot 7.6 \text{ m} = -1.80 \text{ KN}$$

$$B_x = -3.79 \cdot 10^{-2} \text{ KN/m} \cdot 7.6 \text{ m} = -0.29 \text{ KN}$$

Sotavento: $-0.15 \text{ KN/m} \cdot 7.6 \text{ m} = \mathbf{-1.14 \text{ KN}}$

$$S_y = -0.148 \text{ KN/m} \cdot 7.6 \text{ m} = -1.12 \text{ KN}$$

$$S_x = -2.37 \cdot 10^{-2} \text{ KN/m} \cdot 7.6 \text{ m} = -0.18 \text{ KN}$$

$$\text{Paralelo: } -0.2 \text{ KN/m} * 7.6 \text{ m} = \mathbf{-1.52 \text{ KN}}$$

$$P_y = 0.2 \text{ KN/m} * 7.6 \text{ m} = 1.50 \text{ KN}$$

$$P_x = X = -0.003 \text{ KN/m} * 7.6 = -0.24 \text{ KN}$$

6.9.2 Cargas que le corresponden a una Cercha del extremo. Para esta cercha se lleva el mismo proceso que en la anterior.

$$\text{Carga Muerta: } D_{c+t} + P_{\text{Propio}} = 2.6 \text{ KN} / 2 = 1.3 \text{ KN}$$

$$\text{Carga Viva: } L = 6.37 \text{ KN} / 2 = 3.18 \text{ KN}$$

Carga Viento:

Barlovento

$$B_y = -1.80 \text{ KN} / 2 = -0.9 \text{ KN}$$

$$B_x = -0.29 \text{ KN} / 2 = -0.145 \text{ KN}$$

Sotavento

$$S_y = -1.12 \text{ KN} / 2 = -0.56 \text{ KN}$$

$$S_x = -0.18 \text{ KN} / 2 = -0.09 \text{ KN}$$

Paralelo

$$P_y = -1.50 \text{ KN} / 2 = -0.75$$

$$P_x = X = -0.24 \text{ KN} / 2 = -0.12$$

6.9.3 Combinaciones para Cerchas

Para realizar el chequeo de las cerchas intermedias es necesario calcular las posibles combinaciones de carga bajo las cuales trabajaría la cercha para luego escoger la combinación crítica.

La **HERRAMIENTA** creada facilita el cálculo de éstas combinaciones. Su ruta de acceso es la siguiente: *Sección 2/combinación de cercha intermedia*. Los datos de entrada en la hoja son: **carga viva (L), carga muerta (D), Wb, Ws, Wp y el ángulo de la cubierta en grados**, (celdas amarillas):

Tabla 7 Mayoración para la cercha.

fuerzas(KN)		COMBINACIONES PARA LA CERCHA INTERMEDIA										
		D y	Lr y	Wb y	Wb x	Ws y	Ws x	Wp y	Wp x	Σfza y	Σfza x	
D	2.6	1.4D	3.64								3.64	0.00
Lr	6.37	1.2D+0.5Lr	3.12	3.19							6.31	0.00
Wb	-1.82	1.2D+1.6Lr+0.8Wb	3.12	10.19	-1.44	-0.23					11.87	-0.23
Wbn	-1.80	1.2D+1.6Lr+0.8Ws	3.12	10.19			-0.90	-0.14			12.41	-0.14
Wbn	-0.29	1.2D+1.6Lr+0.8Wp	3.12	10.19					-1.20	-0.19	12.11	-0.19
Ws	-1.14	1.2D+1.3Wb+0.5Lr	3.12	3.19	-2.34	-0.37					3.97	-0.37
Wsn	-1.13	1.2D+1.3Ws+0.5Lr	3.12	3.19			-1.46	-0.23			4.84	-0.23
Wst	-0.18	1.2D+1.3Wp+0.5Lr	3.12	3.19					-1.95	-0.31	4.35	-0.31
Wp	-1.52	1.2D	3.12								3.12	0.00
Wpn	-1.50	0.9D-1.3Wb	2.34		-2.34	-0.37					0.00	-0.37
Wpt	-0.24	0.9D-1.3Wb	2.34				-1.46	-0.23			0.88	-0.23
∅(grados) de	9.09	0.9D-1.3Wb	2.34						-1.95	-0.31	0.39	-0.31

Nota: Con la combinación crítica resultante que en este caso es con la fuerza de viento **Ws**, tomamos la misma combinación con la fuerza en dirección contraria que sería **Wb**, cargamos la cercha en el software sap 2000 los esfuerzos a tensión y compresión críticos que se obtendrán serán utilizados en el diseño.

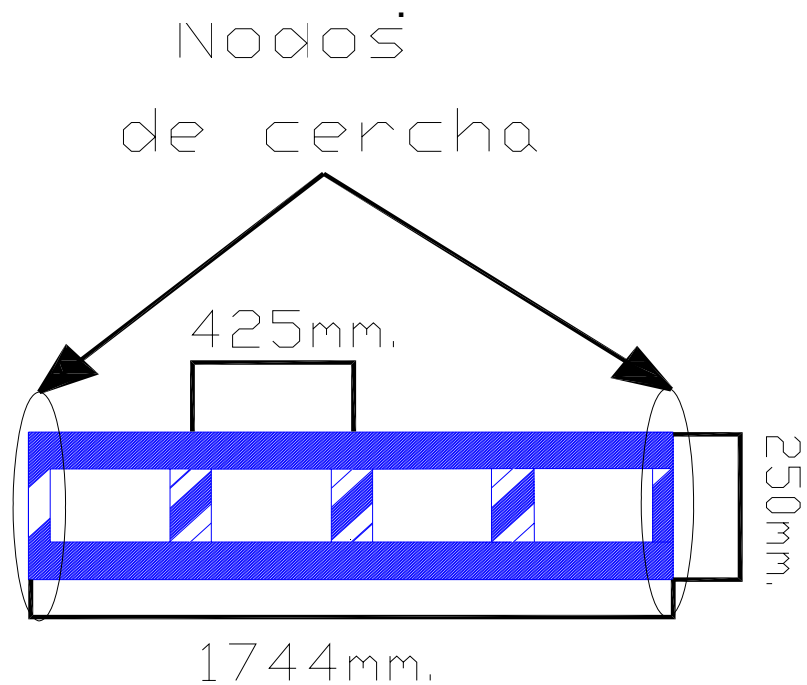
6.9.6 Chequeo del Cordón superior.

Para el diseño del cordón superior se tiene que P_u 463 KN en compresión, luego del análisis en SAP.

6.9.7 Pandeo Flector (NSR-98 F.2.5.2)

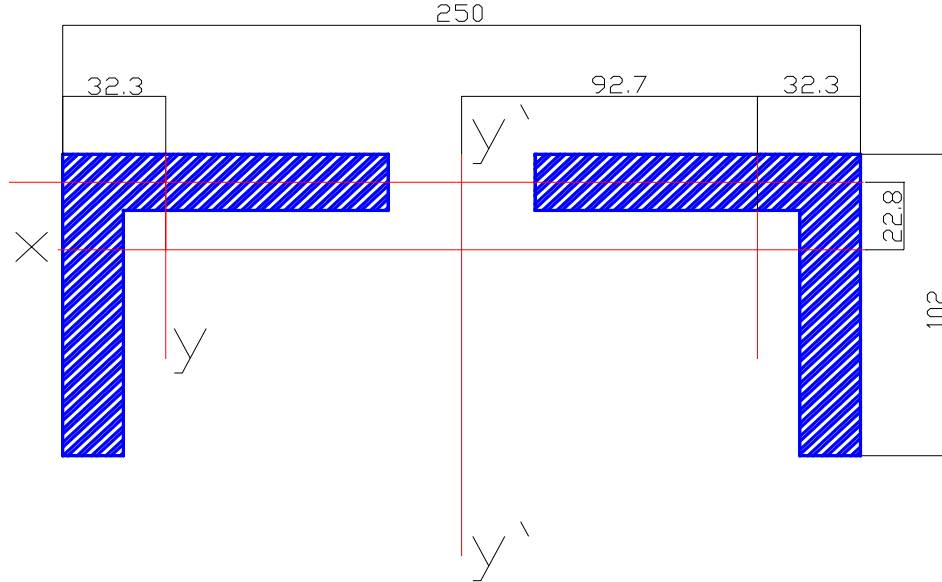
Este proceso es el que la HERRAMIENTA desarrolla internamente para el chequeo del cordón superior.

Figura No 38 Distancias para cálculo de pandeo flector (vista en planta del cordón superior)



Fuente: Autores del proyecto

Figura No 39 Perfiles tipo



Fuente: Autores del proyecto

Pandeo flector.

Ag	3520 mm ²	rz	20.3 mm
Ix=ly	3.36*10 ⁶ mm ⁴	Fy	252 Mpa
rx=ry	31.7 mm	E	200000 Mpa
x=y	32.3 mm	a	1312.5 mm

Esbeltez

$$L_z = a = 425\text{mm} \quad \left(\frac{KL}{r}\right)_z = \frac{425}{20.3} = 20.935 \quad \text{Arrostramiento L/4}$$

$$r_z = 20.3\text{mm} \quad \left(\frac{KL}{r}\right)_y = \frac{425}{31.7} = 13.406 \quad \text{Arrostramiento L/4}$$

$$L_x = 1700\text{mm} \quad \left(\frac{KL}{r}\right)_x = \frac{1744}{31.7} = 53.627 < 200 \quad \text{Para el individual y el conjunto}$$

Ahora para el conjunto, alrededor del eje y' :

$$L_{y'} = 1700\text{mm}$$

$$r_{y'} = \sqrt{\frac{Ad^2 + I_y}{A}} = \sqrt{d^2 + r_y^2} = \sqrt{93.7^2 + 31.7^2} = 102.3\text{mm}$$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_{y'm} = \frac{1744}{102.3} = 16.61$$

Esta modalidad de pandeo alrededor del eje y' produce esfuerzos cortantes en los conectores que unen los dos ángulos. Se requiere calcular un:

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_{y'm} = \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)_{y'}^2 + \left(\frac{a}{r_z}\right)^2} = \sqrt{16.61^2 + 20.93^2} = 26.61$$

Gobierna $\left(\frac{KL}{r}\right)_x = 53.627$ como la mayor esbeltez.

Verificamos que

$$\frac{a}{r_z} \leq \frac{3}{4} \left(\frac{KL}{r}\right)_x \rightarrow 20.94 < 40.22 \quad OK$$

$$\lambda_c = \frac{55.01}{\pi} \sqrt{\frac{250}{2E5}} = 0.72 < 1.5$$

$$FC = (0.658^{\lambda_c^2}) * f_y = F_y = 284\text{Mpa}$$

$$\Phi P_n = \Phi F_{cr} * A_g$$

$$\Phi P_n = (280\text{Mpa})(2 * 1250) = 603\text{KN} > P_u = 463\text{KN} \quad OK$$

6.9.8 Resistencia de Diseño a Compresión por Pandeo Flexo-Torsor. Para miembros en forma de t y ángulos dobles (NSR-98 F.2.5.3)

$$\Phi P_n = \Phi A_g F_{crft}$$

$$F_{crft} = \left[\frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H} \right] \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{cry}F_{crz}H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}} \right] \quad (F.2-21)$$

$$F_{crz} = \frac{GJ}{Ar_0^2}$$

$$r_0^2 = x_0^2 + y_0^2 + \frac{I_x + I_y}{A}$$

$$H = 1 - \frac{x_0^2 + y_0^2}{r_0^2}$$

Para el ángulo se tiene:

$$G = 0.4E = 80000MPa$$

$$J = \frac{\sum b't^3}{3} = \frac{2(101.6 - 6.5) * 19^3}{3} = 424360 mm^4$$

$$r_0^2 = 0 + 18,175^2 + 2 * 31.7^2 = 2340 mm^2$$

$$H = 1 - \frac{18.75^2}{2340^2} = 0.858$$

Luego:

$$F_{crz} = \frac{(80000)(424360)}{(1250)(2340)} = 11606MPa$$

Ahora se calcula F_{cry} :

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_{ym} = 27.42$$

$$\lambda_c = \frac{27.42}{\pi} \sqrt{\frac{250}{2E5}} = 0.366 < 1.5$$

$$F_{cz} = GJ / (A * r_0^2) = 1107.52Mpa$$

$$F_{cft} = \left[\frac{1107.5 + 280.82}{2(0.97)} \right] \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4(280.82)(1107.5)(0.97)}{(280.82 + 1107.5)^2}} \right] = 331.41MPa$$

$$\Phi P_n = (0.85 * 331.41Mpa)(2 * 12520) = 592KN$$

Conclusión: **Gobierna flexo torsor**

Abrimos la HERRAMIENTA *Sección 2/chequeo del cordón superior*.

Se ingresan los datos de las propiedades de los ángulos en las casillas amarillas en las unidades indicadas en las casillas azules, las tablas de propiedades están en el **anexo B**.

Pasos para utilizar la HERRAMIENTA (solo se ingresan datos en las casillas amarillas)

Se usarán 2 ángulos **L 4 x 4 x 1/4" = L 101.6 x 101.6 x 19 (mm)**

Propiedades del ángulo	
área (mm)	1250
lx(mm ⁴)	1248600
ly (mm ⁴)	1248600
rx (mm)	31.7
ry (mm)	31.7
rz (mm)	20.3
rw (mm)	0
xo (mm)	0
yo (mm)	18.175
xc (mm)	27.7
yc (mm)	27.7

Área

Inercias en (x) y (Y)

Radio de jiro (x), (Y) y (z)

Centroide

Propiedades del acero	
fy (Mpa)	352
E (MPa)	200000
k	1
b(mm)	101.6
t(mm)	19.05

b : es el ancho del ángulo escogido

t: espesor del ángulo escogido

Propiedades del cordón	
ángulo	9.09028
L (mm)	1744
d(2ángulos)mm	250

Lh es la longitud total del cordón desde el apoyo hasta Angulo de la cumbrera

L: distancia entre nodos de la cercha

d: ancho total del cordón superior

6.10 DISEÑO A TENSIÓN

Para el chequeo del cordón inferior se tiene que $P_u = 450 \text{ KN}$ en tensión. De acuerdo al análisis de SAP, pero se analizará el efecto producido sobre un solo ángulo $\rightarrow P_u = 450/2 = 225 \text{ KN}$

6.10.1 Análisis de Fluencia por Área Bruta

$$P_u \leq \phi F_y A_g$$

$$A_g = \frac{P_u}{\phi F_y} = \frac{225}{0.9 * 250} = 1111 \text{ mm}^2$$

Tomo un perfil L 76.2 x 76.2 x 7.94 (mm) $\rightarrow A_g = 1150 \text{ mm}^2$

6.10.2 Análisis por Rotura

$$P_u \leq \phi F_u A_e$$

$$A_e = \frac{P_u}{\phi F_u} = \frac{225}{0.75 * 455} = 659.34 \text{ mm}^2$$

Diseño con pernos de $\Phi 3/4'' \rightarrow d = 19 \text{ mm}$

$d_n = 21 \text{ mm}$

$\Phi = 24 \text{ mm}$

$L \geq 3d$

$76.2 \geq 3x (19)$

$76.2 \geq 57 \quad \text{ok}$

Propiedades geométricas del perfil

$X = Y = 22 \text{ mm}$

$I_x = I_y = 62.43 * 10^4 \text{ mm}^4$

$r = 23.4 \text{ mm}$

$r_z = 14.9 \text{ mm}$

6.10.3 Análisis para el Área neta Efectiva

$$Pu \leq \phi Fu.Ae$$

$$Ae \geq \frac{Pu}{\phi Fu} = \frac{225}{0.75 * 455} = 659.34mm^2$$

$$An = Ag - Aagujeros = 1150 - 1 * (24) * 7.94 = 959.44mm^2$$

De la formula

$$\text{Donde } L = \frac{\bar{X}}{1-U} = \frac{22}{1-0.6872} = 70.34mm$$

$$L \geq 3d$$

$$70.34 \geq 3x (19)$$

$$70.34 \geq 57 \quad \text{cumple Ok.}$$

Abrimos la HERRAMIENTA *Sección 2/chequeo del cordón inferior.*

Se ingresan los datos de las propiedades de los ángulos en las casillas amarillas en las unidades indicadas en las casillas azules, las tablas de propiedades están en el anexo B.

Propiedades del acero

Pu [KN]	225
Fy[Mpa]	250
Fu	455
ø	0.75

Fy = fluencia del acero

Fu = esfuerzo ultimo

ø = factor de reducción por rotura

PERFIL	
Estado limite fluencia	
Φ	0.9
Pn [KN]	250
Ar_{equerida}[mm²]	1111

Factor de reducción por fluencia 0.9

En esta casilla de área requerida se sugiere el área mínima de acuerdo a las esfuerzos a tensión y las propiedades del acero, de acuerdo a esta área se busca en la tabla de propiedades un ángulo que se aproxime a esta.

Luego de haber escogido el ángulo se copian sus propiedades según lo sugieran las casillas amarillas

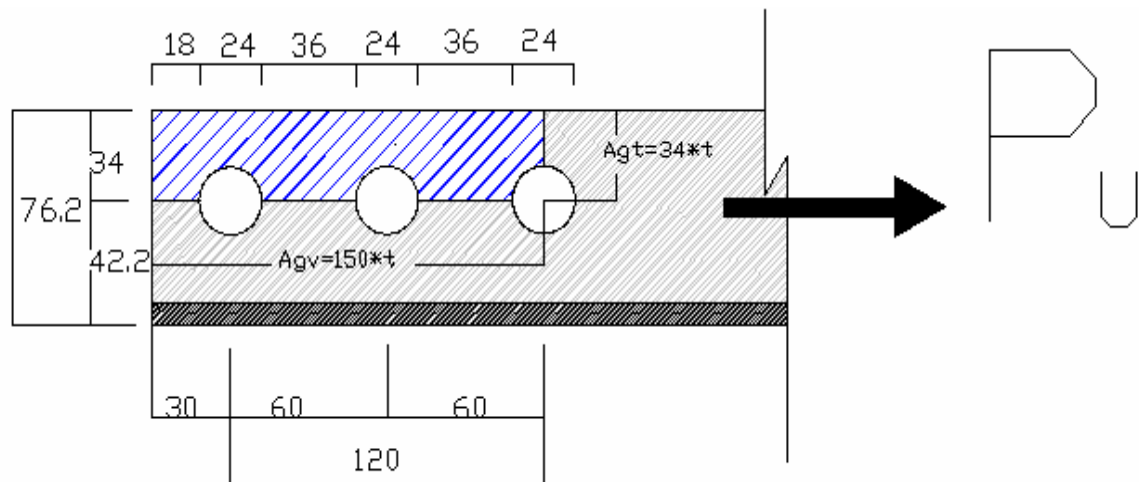
Tipo de Perfil							
L*L*t	76.2 x76.2x7.94 (mm)						
	AREA	t	L	Xc,Yc	IX,IY	rx,y	rz
[mm]	1150	7.94	76.20	22	6.24E+05	23.4	14.9

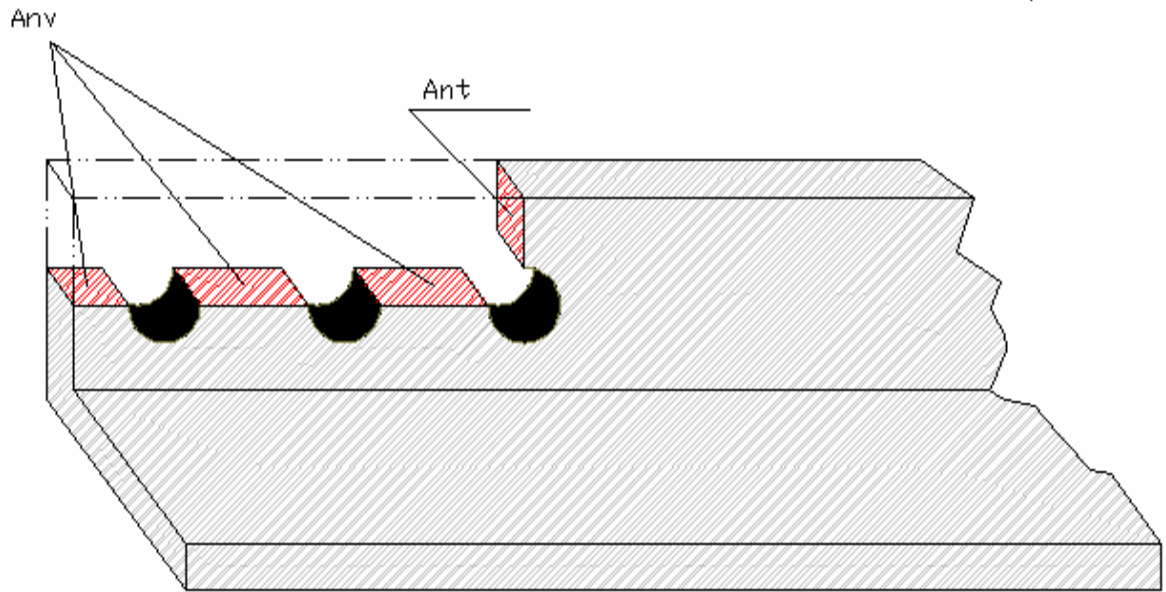
Por ultimo el diámetro del perno

Pernos	
dp [mm]	19

6.10.4 Análisis por Bloque de Cortante. (Se calcula para 3 tornillos)

Todas las distancias están en milímetros.





$$A_{gv} = 34 * 7.94 = 269.96 \text{mm}^2$$

Agt: Área Bruta a Tensión

$$A_{nt} = [34 - 0.5(24)] * 7.94 = 174.68 \text{mm}^2$$

Ant: Área Neta a Tensión

$$A_{gv} = (34 + 150) * 7.94 = 1460.9 \text{mm}^2$$

Agv: Área Bruta a Cortante

$$A_{nv} = [150 - 2.5(24)] * 7.94 = 714.6 \text{mm}^2$$

Ant: Área Neta a Cortante

$$\rightarrow F_u.Ant \geq 0.6.F_u.Anv \quad ; \quad \phi = 0.75$$

$$\text{Si cumple la condición anterior} \rightarrow \phi R_n = \phi [0.6.F_y.A_{gv} + F_u.A_{nt}]$$

$$\text{no cumple la condición anterior} \rightarrow \phi R_n = \phi [0.6.F_u.A_{nv} + F_y.A_{gt}]$$

$$\text{No} \rightarrow \phi R_n = \phi [0.6.F_u.A_{nv} + F_y.A_{gt}]$$

$$F_u.A_{nt} \geq 0.6.F_u.A_{nv}$$

$$455 * 174.68 \geq 0.6 * 455 * 714.6$$

$$\phi R_n = 0.75 [0.6 * 455 * 714 + 250 * 269.69]$$

$$\phi R_n = 262.34 \text{KN}$$

$$P_u \leq \phi R_n$$

Conclusión: El perfil escogido para el análisis cumple.

7. CONCLUSIONES.

- Las herramientas generadas en esta práctica, constituyen un aporte a la asignatura de Estructuras Metálicas, dictada por el ingeniero Dalton Moreno.
- Se estableció un modelo a seguir para el proyecto de diseño de una cubierta con estructura metálica, dándole al estudiante una visión más detallada de la temática de clase, que mejore su rendimiento.
- Se detalló la procedencia de algunos datos de las guías de diseño del ingeniero Dalton que no eran claros para el estudiante, con base en los lineamientos teóricos de la asignatura y en la norma NSR – 98.
- Se originó un CD interactivo que contiene hojas de cálculo para el chequeo y carga de correas y cerchas, y para el chequeo de columnas; además, estas son útiles en revisiones de estructuras previamente diseñadas. Estas hojas brindan al estudiante, una HERRAMIENTA que agiliza y optimiza la toma de decisiones a la hora de escoger materiales y desarrollar el proyecto planteado en clase.

8. RECOMENDACIÓN.

Las herramientas didácticas desarrolladas durante esta práctica son de gran utilidad, tanto para el profesor Dalton como para el alumno, pero es necesario continuar con el proceso iniciado, mediante la creación de nuevas guías y material didáctico, que incremente el nivel de aprendizaje del estudiante y facilite la labor del docente.

9. BIBLIOGRAFÍA.

- **McCORMAC, Jack.** Diseño de Estructuras Acero. Método LRFD. 2da Edición. México: Alfaomega, 2002. 704 p.
- **ETERNIT Colombia, TORRES Álvaro,** (online) 2006, Citada en el mes de marzo del 2006.
<http://www.eternit.com.co/index.php?modulo=cont&idCat=75> .
- **ACESCO Colombia, SEPÚLVEDA Andrés** (online) 2006, citada el mes de marzo del 2006. <http://www.acesco.com/arquitectura1.htm>.
- **PRADA Néstor,** 2006, Guías de diseño asignatura Universidad Pontificia Bolivariana.
- **MALDONADO RONDON Esperanza,** 1994, Diseño de Estructuras Metálicas, Bucaramanga-Colombia, Publicaciones Universidad Industrial de Santander.
- **CHIO CHO Gustavo,** fotocopias Desarrollo de un Proyecto de Cubierta de Bucaramanga-Colombia, Publicaciones Universidad Industrial de Santander.
- **DIACO,** 1996, Manual de Diseño de Estructuras de Acero, Santa fe de Bogotá.
- **PARKER Harry,** Diseño Simplificado de Armaduras de Techo para Arquitectos y Constructores.

- **Beer, F. y Johnston, E. R.** (1977). Mecánica Vectorial para Ingenieros (Estática Tomo I). Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Latinoamericana S.A.
- **Galambos, T., Lin, F. y Johnston, B.** (1999). Diseño de estructuras de acero con LRFD. Naucalpan deJuarez, México: Prentice Hall, Hispanoamericana, S.A.
- **Hsieh, Y.-Y.** (1982). Teoría elemental de estructuras. Madrid, España: Prentice/Hall internacional.
- **Segui, W.** (2000). Diseño de estructuras de acero con LRFD. México D.F., México: Internacional Thomson Editores, S.A. de C.V.

<http://www.volcanes.com/construccion/techos.htm>

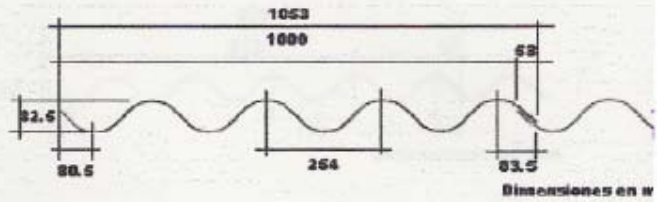
<http://www.acesco.com/detalles>

<http://webdelprofesor.ula.ve/arquitectura/jorgem/principal/guias/cercha.pdf#search=%22tipos%2Bcerchas%22>

10. ANEXOS

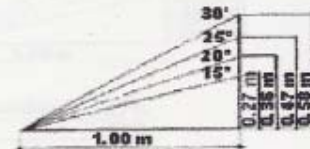
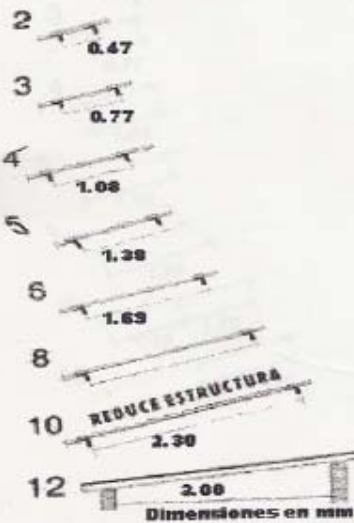
ANEXO A
PROPIEDADES DE LAS TEJAS

Teja Ondulada 1000



Teja No.	Longitud		Ancho		Superficie		Traslapo		Peso kg
	Total m	Util m	Total m	Util m	Total m ²	Util m ²	Longitud m	Lateral m	
2	0.610	0.470	1.053	1.000	0.642	0.470	0.140	0.53	7.9
3	0.910	0.770	1.053	1.000	0.958	0.770	0.140	0.53	11.9
4	1.220	1.080	1.053	1.000	1.285	1.080	0.140	0.53	15.8
5	1.520	1.380	1.053	1.000	1.601	1.380	0.140	0.53	19.8
6	1.830	1.690	1.053	1.000	1.927	1.690	0.140	0.53	23.7
8	2.440	2.300	1.053	1.000	2.569	2.300	0.140	0.53	31.6
10	3.050	2.910	1.053	1.000	3.212	2.910	0.140	0.53	42.8
12	3.660	3.520	1.053	1.000	3.854	3.520	0.140	0.53	51.4

Resistencia a la flexión: para una distancia de 110 cm. entre apoyos: 575 daN/m ancho.
 Peso promedio por unidad de superficie: 14.0 Kg/m² Util
 Coeficiente de Conductividad Térmica k: 4.76 Kcal/m²h °C.



15°	minima	27%
20°		36%
25°		47%
30°		58%

Traslape longitudinal

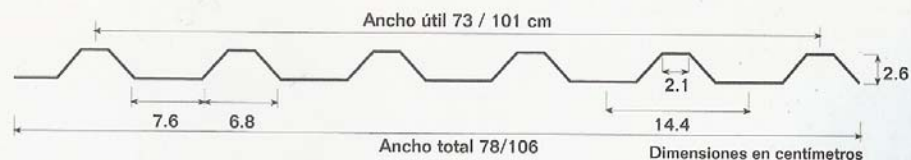


INFORMACION TECNICA

FICHA TECNICA

ESPESOR	CALIBRE	ACABADO	PESO kg/m ²	ANCHO UTIL	ANCHO TOTAL
				cm	cm
0.30 mm	30	Galvanizado Pintado	3.22 3.31	73	78
				101	106
0.36 mm	28	Galvanizado	3.38	101	106
0.46 mm	26	Galvanizado y/o pintado	4.59	101	106
0.60 mm	24	Galvanizado y/o pintado	6.02	101	106
0.70 mm	22	Galvanizado	6.90	101	106

- Altura de la cresta: 2.6 cm.
- Voladizo máximo: 30 cm.
- Pendiente mínima con traslape 15%
- Pendiente mínima sin traslape 6%
- Traslape longitudinal mínimo 15 cm.



DESCRIPCION

CUBIERTA GALVANIZADA	LONG.	PESO	CUBIERTA PINTADA	LONG.	PESO
	m	kg/und		m	kg/und
TZA-0.73 X 1.83-0.30	1.83	4.30	TZA-1.01 X 1.83-0.30	1.83	6.11
TZA-0.73 X 2.44-0.30	2.44	5.73	TZA-1.01 X 2.44-0.30	2.44	8.15
TZA-0.73 X 3.05-0.30	3.05	7.17	TZA-1.01 X 3.05-0.30	3.05	10.19
TZA-0.73 X 3.66-0.30	3.66	8.60	TZA-1.01 X 3.66-0.30	3.66	12.22

También disponible en medidas especiales de acuerdo con el despiece del proyecto

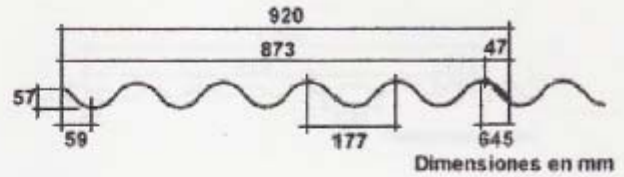
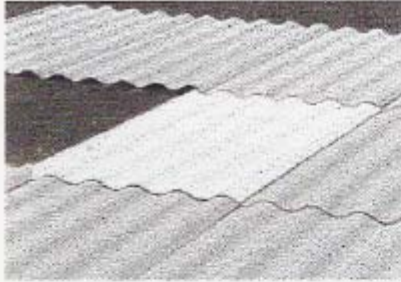
TABLA DE CARGA

Luces	Luz simple					Luz continua				
	Carga (kg/m ²)					Carga (kg/m ²)				
mm	Cal 30	Cal 28	Cal 26	Cal 24	Cal 22	Cal 30	Cal 28	Cal 26	Cal 24	Cal 22
1500	45	58	81	111	131	79	98	138	203	246
1700	31	40	56	76	90	55	68	95	139	175
1900	22	29	40	54	64	39	48	68	100	125
2100						29	36	50	74	93
2300						22	27	38	56	71

NOTA

Tornillos fijadores de ala a 80 cm. cada uno.
Distancia recomendada entre correas: 1.70m.

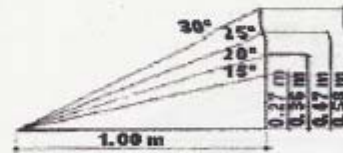
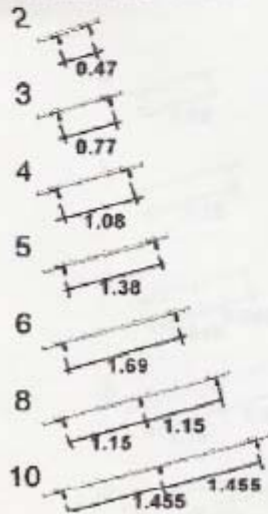
Placa Ondulada Perfil 7



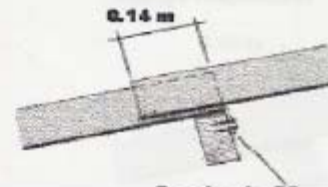
Placa No	Longitud		Ancho		Superficie		Traslapo		Peso kg
	Total m	Util m	Total m	Util m	Total m ²	Util m ²	Long m	Lateral m	
2	0.610	.470	0.920	0.873	0.561	0.410	0.140	0.047	6.8
3	0.910	0.770	0.920	0.873	0.837	0.672	0.140	0.047	10.2
4	1.220	1.080	0.920	0.873	1.122	0.942	0.140	0.047	13.6
5	1.520	1.380	0.920	0.873	1.398	1.204	0.140	0.047	17.1

Peso promedio por unidad de superficie: 14.5 Kg/m² Util
 Coeficiente de conductividad Térmica k: 4.76 Kcal/m²h °C

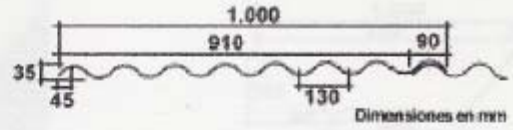
Distancia entre correas



Traslado longitudinal

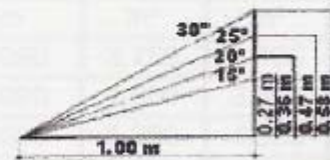
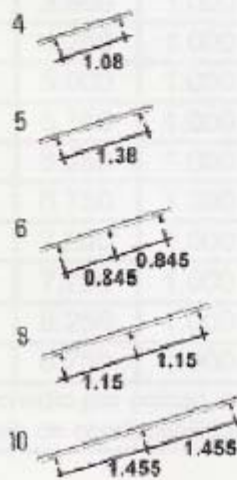


Ondulit Perfil 5



Placa No.	Longitud		Ancho		Superficie		Traslapo		Peso kg
	Total m	Util m	Total m	Util m	Total m ²	Util m ²	Long m	Lateral m	
4	1.220	1.080	1.000	0.910	1.220	0.982	0.140	0.090	12.4
5	1.520	1.380	1.000	0.910	1.520	1.255	0.140	0.090	15.5
6	1.830	1.690	1.000	0.910	1.830	1.537	0.140	0.090	18.6
8	2.440	2.300	1.000	0.910	2.440	2.093	0.140	0.090	24.8
10	3.050	2.910	1.000	0.910	3.050	2.648	0.140	0.090	31.0

Resistencia a la flexión: 160 Kgf/cm²
 Peso promedio por unidad de superficie: 10.0 Kg/m² Util
 Coeficiente de conductividad térmica k: 4.76 Kcal/m²h°C

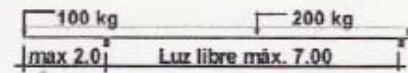
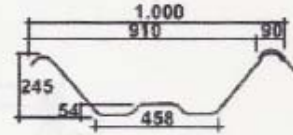


15°	minima	27%
20°		36%
25°		47%
30°		58%

Traslape longitudinal



Canaleta 90

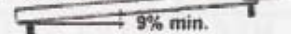


Inclinación de la cubierta y traslape longitudinal

Sin traslape



Con traslape

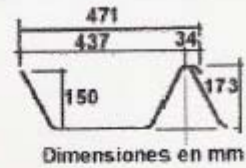


Pendientes mayores de 15° consulte con el Dep. Asesoría Técnica

Longitud		Ancho		Traslape		Cubrimiento		Peso
Total	Util	Total	Util	Long.	Lateral	Total	Util	
m	m	m	m	m	m	m ²	m ²	Kg
3.750	3.500	1.000	0.910	0.250	0.090	3.750	3.185	65.28
4.500	4.250	1.000	0.910	0.250	0.090	4.500	3.867	78.34
5.250	5.000	1.000	0.910	0.250	0.090	5.250	4.550	91.40
6.000	5.750	1.000	0.910	0.250	0.090	6.000	5.232	104.46
6.500	6.250	1.000	0.910	0.250	0.090	6.500	5.687	113.17
7.000	6.750	1.000	0.910	0.250	0.090	7.000	6.142	121.83
7.500	7.250	1.000	0.910	0.250	0.090	7.500	6.597	130.57
8.000	7.750	1.000	0.910	0.250	0.090	8.000	7.052	139.28
8.500	8.250	1.000	0.910	0.250	0.090	8.500	7.507	147.99
9.000	8.750	1.000	0.910	0.250	0.090	9.000	7.962	156.65
Peso promedio por unidad de superficie:				17.4 kg/m ²				
Coeficiente de conductibilidad térmica:				4.76 Kcal/m ² h°C				

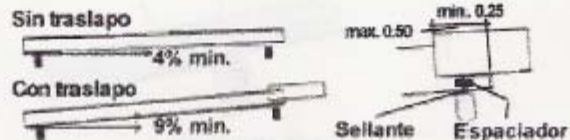
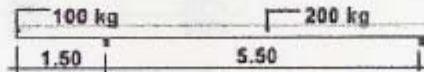
Canaleta 43

36

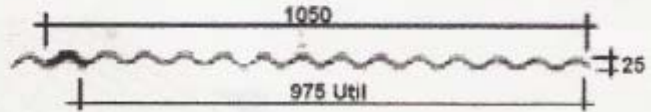
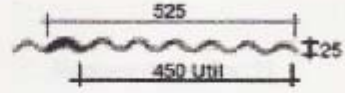


Longitud		Ancho		Superficie		Traslapo		Peso
Total	Util	Total	Util	Total	Util	Long.	Lateral	.
m	m	m	m	m ²	m ²	m	m	Kg.
3.500	3.250	0.471	0.437	1.645	1.420	0.250	0.034	39.0
4.000	3.750	0.471	0.437	1.880	1.638	0.250	0.034	44.6
4.500	4.250	0.471	0.437	2.115	1.857	0.250	0.034	50.2
5.000	4.750	0.471	0.437	2.350	2.075	0.250	0.034	55.8
5.500	5.250	0.471	0.437	2.585	2.294	0.250	0.034	61.3
6.000	5.750	0.471	0.437	2.820	2.512	0.250	0.034	66.9
6.500	6.250	0.471	0.437	3.055	2.731	0.250	0.034	72.4
7.000	6.750	0.471	0.437	3.290	2.949	0.250	0.034	78.0
7.500	7.250	0.471	0.437	3.525	3.168	0.250	0.034	83.6

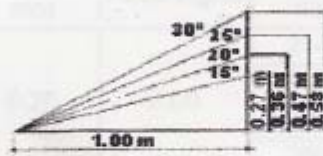
Peso promedio por unidad de superficie: 27.23 Kg/m².
 Coeficiente de conductibilidad térmica k: 4.76 Kcal/m²h°C.



Tejalit Perfil 3



No.	4	5	6	8
Long m	1.22	1.52	1.83	2.44



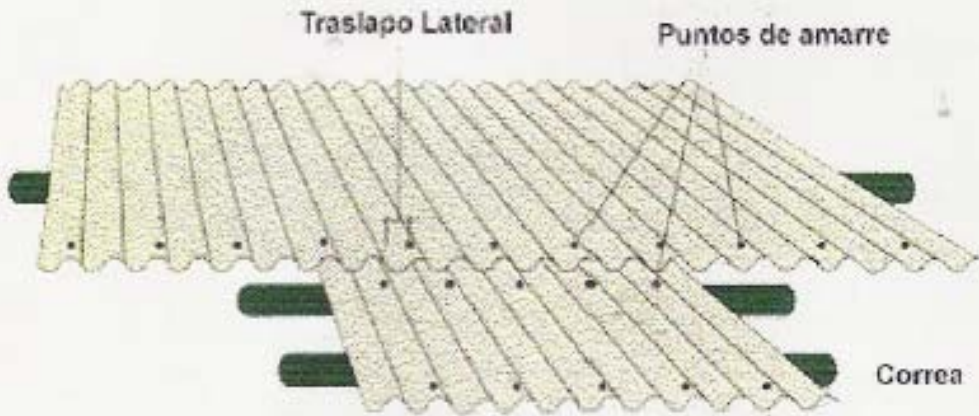
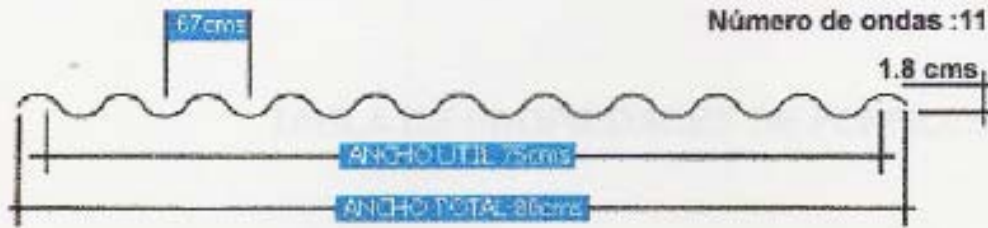
15°	minima	27%
20°		36%
25°		47%
30°		58%

Traspaso longitudinal



Teja de zinc

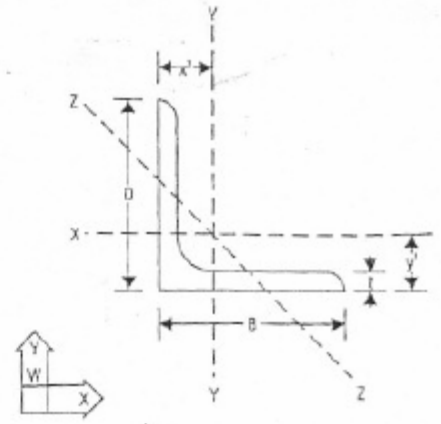
DIMENSIONES



Referencia	CAL.	Espesor mm	Peso Kg/m	Largo mm	Peso	Area Total m2
33 3x7	33	0.20	2.00	2140	3.39	1.70
33 3x8				2440	3.87	1.95
33 3x10				3050	4.84	2.44
33 3x12				3660	5.81	2.93
30 3x7	30	0.30	3.22	2140	4.13	1.70
30 3x10				3050	6.99	2.44

ANEXO B
Propiedades de los Ángulos

PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LOS ÁNGULOS



DIMENSIONES		ESPESOR «t»		PESO		ÁREA		EJES XX-YY				EJE ZZ
(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(lb/ft)	(kg/ml)	(pul ²)	(cm ²)	I(cm ⁴)	S(cm ³)	r(cm)	x ² -y ² (cm)	r(cm)
4x4	101.6 x 101.6	1/4	6,35	6,60	9,82	1,94	12,50	124,86	18,03	3,17	2,77	2,03
4x4	101.6 x 101.6	5/16	7,94	8,20	12,20	2,40	15,50	153,99	21,30	3,15	2,84	2,00
4x4	101.6 x 101.6	3/8	9,53	9,80	14,58	2,85	18,50	184,79	24,58	3,12	2,89	2,00
4x4	101.6 x 101.6	1/2	12,70	12,80	19,50	3,75	24,40	233,07	32,78	3,10	3,00	1,98
3x3	76.2 x 76.2	1/4	6,35	4,90	7,29	1,44	9,30	49,94	9,51	2,36	2,13	1,49
3x3	76.2 x 76.2	5/16	7,94	6,10	9,08	1,78	11,50	62,43	11,61	2,34	2,20	1,49
3x3	76.2 x 76.2	3/8	9,53	7,20	10,71	2,11	13,60	74,92	13,60	2,31	2,26	1,47
3x3	76.2 x 76.2	1/2	12,70	9,40	13,99	2,75	17,70	91,56	18,03	2,29	2,36	1,47
2½x2½	63.5 x 63.5	1/8	3,18	2,08	3,10	0,61	3,93	15,81	3,45	2,00	1,70	1,24
2½x2½	63.5 x 63.5	3/16	4,76	3,07	4,57	0,90	5,80	22,89	4,92	1,98	1,75	1,24
2½x2½	63.5 x 63.5	1/4	6,35	4,10	6,10	1,19	7,66	29,13	6,39	1,95	1,82	1,24
2x2	50.8 x 50.8	1/8	3,18	1,65	2,46	0,48	3,09	7,91	2,13	1,60	1,39	1,01
2x2	50.8 x 50.8	3/16	4,76	2,44	3,63	0,71	4,57	11,24	3,14	1,57	1,44	0,99
2x2	50.8 x 50.8	1/4	6,35	3,19	4,75	0,94	6,07	14,57	4,10	1,55	1,49	0,99
1¾ x 1¾	44.45 x 44.45	1/8	3,18	1,44	2,14	0,42	2,72	6,24	1,62	1,39	1,23	0,88
1¾ x 1¾	44.45 x 44.45	3/16	4,76	2,12	3,15	0,62	4,01	7,45	2,36	1,36	1,29	0,87
1¾ x 1¾	44.45 x 44.45	1/4	6,35	2,77	4,12	0,81	5,25	9,45	3,05	1,34	1,34	0,87
1½ x 1½	38.1 x 38.1	1/8	3,18	1,23	1,83	0,36	2,32	3,33	1,15	1,19	1,06	0,76
1½ x 1½	38.1 x 38.1	3/16	4,76	1,80	2,68	0,53	3,42	4,58	1,64	1,17	1,11	0,74
1½ x 1½	38.1 x 38.1	1/4	6,35	2,34	3,48	0,69	4,45	5,83	2,13	1,14	1,19	0,74
1x1	25.4 x 25.4	1/8	3,18	0,80	1,19	0,23	1,48	0,83	0,49	0,76	0,76	0,50
1x1	25.4 x 25.4	3/16	4,76	1,16	1,73	0,34	2,18	1,25	0,66	0,76	0,81	0,48
1x1	25.4 x 25.4	1/4	6,35	1,49	2,22	0,44	2,84	1,78	0,98	0,74	0,86	0,50

PERFIL IPE

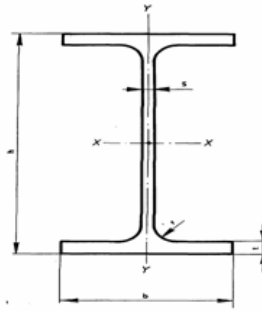


Tabla Perfiles IPE - Medidas, masas y datos de sección

Designación del perfil	Medidas					A	m	Momento de inercia		Módulo resistente		Radio de giro		Superficie	
	mm					cm ²	Kg/m	I _x	I _y	W _x	W _y	i _x	i _y	m ² /m	m ² /t
	h	b	s	t	r			cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm		
IPE 80	80	46	3.8	5.2	5	7.64	6	80.1	8.49	20	3.69	3.24	1.05	0.328	49.33
IPE 100	100	55	4.1	5.7	7	10.3	8.1	171	15.9	34.2	5.79	4.07	1.24	0.400	45.82
IPE 120	120	64	4.4	6.3	7	13.2	10.4	316	27.7	53	8.65	4.9	1.45	0.475	
IPE 140 ^a	140	73	4.7	6.9	7	16.4	12.9	541	44.9	77.3	12.3	5.74	1.65	0.551	42.70
IPE 160 ^a	160	82	5	7.4	9	20.1	15.8	869	68.3	109	16.7	6.58	1.84	0.623	39.47
IPE 180 ^a	180	91	5.3	8	9	23.9	18.8	1317	101	146	22.2	7.42	2.05	0.698	37.13
IPE 200 ^a	200	100	5.6	8.5	12	28.5	22.4	1943	142	194	28.5	8.26	2.24	0.768	34.36
IPE 220 ^a	220	110	5.9	9.2	12	33.4	26.2	2772	205	252	37.3	9.11	2.48	0.848	32.36
IPE 240 ^a	240	120	6.2	9.8	15	39.1	30.7	3892	284	324	47.3	9.97	2.69	0.922	30.02
IPE 270 ^a	270	135	6.6	10.2	15	45.9	36.1	5790	420	429	62.2	11.2	3.02	1.04	28.86
IPE 300 ^a	300	150	7.1	10.7	15	53.8	42.2	8356	604	557	80.5	12.5	3.35	1.16	27.46
IPE 330 ^a	330	160	7.5	11.5	18	62.6	49.1	11770	788	713	98.5	13.7	3.55	1.25	25.52
IPE 360 ^a	360	170	8	12.7	18	72.7	57.1	16270	1043	904	123	15	3.79	1.35	23.70
IPE 400 ^a	400	180	8.6	13.5	21	84.5	66.3	23130	1318	1160	146	16.5	3.95	1.47	22.12
IPE 450 ^a	450	190	9.4	14.6	21	98.8	77.6	33740	1676	1500	176	18.5	4.12	1.61	20.69
IPE 500	500	200	10.2	16	21	116	90.7	48200	2142	1930	214	20.4	4.31	1.74	19.23
IPE 550	550	210	11.1	17.2	24	134	106	67120	2668	2440	254	22.3	4.45	1.88	17.78
IPE 600	600	220	12	19	24	156	122	92080	3387	3070	308	24.3	4.66	2.01	16.45

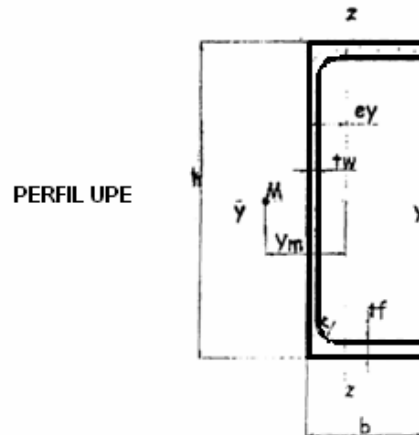
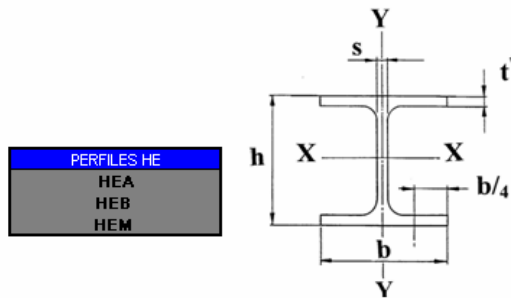


Tabla Perfiles UPE - Medidas, masas y datos de sección.

PERFIL	Kg/m	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r (mm)	Wy (cm ³)	Wz (cm ³)	ey (cm)	ym (cm)
UPE 80	7.9	80	50	4	7	10	26.8	7.98	1.817	3.71
UPE 100	9.8	100	55	4.5	7.5	10	41.4	10.6	1.906	3.93
UPE 120	12.1	120	60	5	8	12	60.6	13.8	1.983	4.12
UPE 140	14.5	140	65	5	9	12	85.6	18.2	2.173	4.54
UPE 160	17	160	70	5.5	9.5	12	114	22.6	2.27	4.76
UPE 180	19.7	180	75	5.5	10.5	12	150	28.6	2.468	5.19
UPE 200	22.8	200	80	6	11	13	191	34.4	2.56	5.41
UPE 220	26.6	220	85	6.5	12	13	244	42.5	2.703	5.7
UPE 240	30.2	240	90	7	12.5	15	300	50.1	2.792	5.91
UPE 270	35.2	270	95	7.5	13.5	15	389	60.7	2.893	6.14
UPE 300	44.4	300	100	9.5	15	15	522	75.6	2.887	6.03
UPE 330	53.2	330	105	11	16	18	667	89.7	2.9	6
UPE 360	61.2	360	110	12	17	18	824	105	2.97	6.12
UPE 400	72.2	400	115	13.5	18	18	1049	123	2.977	6.06



PERFILES HE
HEA
HEB
HEM

Tabla Perfiles HE - Medidas, masas y datos de sección

Designación	Medidas en mm					A	m	Momento de inercia		Módulo resistente		Radio de giro		Superficie	
	h	b	s	t	r	cm ²	Kg/m	I _x	I _y	W _x	W _y	i _x	i _y	m ² /m	m ² /t
HEA100*	96	100	5	8	12	21.2	16.7	349	134	73	27	4.06	2.51	0.561	33.68
HEB 100*	100	100	6	10	12	26	20.4	450	167	90	33	4.16	2.53		
HEM 100	120	106	12	20	12	53.2	41.8	1 143	399	190	75	4.63	2.74	0.567	27.76
														0.619	14.82
HEA 120*	114	120	5	8	12	25.3	19.9	606	231	106	38	4.89	3.02	0.677	34.06
HEB 120*	120	120	6.5	11	12	34	26.7	864	318	144	53	5.04	3.06		
HEM 120	140	126	12.5	21	12	66.4	52.1	2 018	703	288	112	5.51	3.25	0.686	25.71
														0.738	14.16
HEA 140*	133	140	5.5	8.5	12	31.4	24.7	1 033	389	155	56	5.73	3.52	0.794	32.21
HEB 140*	140	140	7	12	12	43	33.7	1 509	550	216	79	5.93	3.58		
HEM 140	160	146	13	22	12	80.6	63.2	3 291	1 144	411	157	6.39	3.77	0.805	23.88
														0.857	13.56
HEA 160*	152	160	6	9	15	38.8	30.4	1 673	616	220	77	6.57	3.98	0.906	29.78
HEB 160*	160	160	8	13	15	54.3	42.6	2 492	889	311	111	6.78	4.05		
HEM 160	180	166	14	23	15	97.1	76.2	5 098	1 759	566	212	7.25	4.26	0.918	21.56
														0.97	12.74
HEA 180*	171	180	6	9.5	15	45.3	35.5	2 510	925	294	103	7.45	4.52	1.02	28.83
HEB 180*	180	180	8.5	14	15	65.3	51.2	3 831	1 363	426	151	7.66	4.57		
HEM 180	200	186	14.5	24	15	113.3	88.9	7 483	2 580	748	277	8.13	4.77	1.04	20.25
														1.09	12.25
HEA 200*	190	200	6.5	10	18	53.8	42.3	3 692	1 336	389	134	8.28	4.98	1.14	26.89
HEB 200*	200	200	9	15	18	78.1	61.3	5 696	2 003	570	200	8.54	5.07		
HEM 200	220	206	15	25	18	131.1	103	10 642	3 651	967	354	9	5.27	1.15	18.78
														1.20	11.67
HEA 220*	210	220	7	11	18	64.3	50.5	5 410	1 955	515	178	9.17	5.51	1.26	24.85
HEB 220*	220	220	9.5	16	18	91	71.5	8 091	2 843	736	258	9.43	5.59		
HEM 220	240	226	15.5	26	18	149.4	117	14 605	5 012	1 220	444	9.89	5.79	1.27	17.77
														1.32	11.27
HEA 240*	230	240	7.5	12	21	76.8	60.3	7 763	2 769	675	231	10.1	6	1.37	22.70
HEB 240*	240	240	10	17	21	106	83.2	11 259	3 923	938	327	10.3	6.08		
HEM 240	270	248	18	32	21	199.6	157	24 289	8 153	1 800	657	11	6.39	1.38	16.63

Tabla Perfiles HE - Medidas, masas y datos de sección

Designación	Medidas en mm					A	m	Momento de inercia		Módulo resistente		Radio de giro		Superficie	
	h	b	s	t	r	cm ²	Kg/m	I _x	I _y	W _x	W _y	i _x	i _y	m ² /m	m ² /t
HEB 260'	260	260	10	17.5	24	118.4	93	14 919	5 135	1 150	395	11.2	6.58		
HEM 260	290	268	18	32.5	24	219.6	172	31 307	10 449	2 160	780	11.9	6.9	1.50	16.12
														1.57	9.133
HEA 280'	270	280	8	13	24	97.3	76.4	13 673	4 763	1 010	340	11.9	7	1.60	20.99
HEB 280'	280	280	10.5	18	24	131.4	103	19 270	6 595	1 380	471	12.1	7.09	1.62	15.69
HEM 280	310	288	18.5	33	24	240.2	189	39 547	13 163	2 500	914	12.8	7.4	1.69	8.984
														1.73	19.43
HEA 300'	290	300	8.5	14	27	112.5	88.3	18 263	6 310	1 260	421	12.7	7.49	1.73	19.43
HEB 300'	300	300	11	19	27	149.1	117	25 166	8 563	1 680	571	13	7.58	1.83	14.80
HEM 300	340	310	21	39	27	303.1	238	59 201	19 403	3 480	1 250	14	8	1.83	14.80
														1.76	17.98
HEA 320'	310	300	9	15.5	27	124.4	97.6	22 928	6 985	1 480	466	13.6	7.49	1.76	17.98
HEB 320'	320	300	11.5	20.5	27	161.3	127	30 823	9 239	1 930	616	13.8	7.57	1.77	13.98
HEM 320	359	309	21	40	27	312	245	68 135	19 709	3 800	1 280	14.8	7.95	1.77	13.98
														1.87	7.616
HEA 340	330	300	9.5	16.5	27	133.5	105	27 693	7 436	1 680	496	14.4	7.46	1.79	17.13
HEB 340	340	300	12	21.5	27	170.9	134	36 656	9 690	2 160	646	14.6	7.53	1.81	13.49
HEM 340	377	309	21	40	27	315.8	248	76 372	19 711	4 050	1 280	15.6	7.9	1.81	13.49
														1.90	7.670
HEA 360	350	300	10	17.5	27	142.8	112	33 090	7 887	1 890	526	15.2	7.43	1.83	16.36
HEB 360	360	300	12.5	22.5	27	180.6	142	43 193	10 141	2 400	676	15.5	7.49	1.85	13.04
HEM 360	395	308	21	40	27	318.8	250	84 867	19 522	4 300	1 270	16.3	7.83	1.85	13.04
														1.93	7.73
HEA 400	390	300	11	19	27	159	125	45 069	8 564	2 310	571	16.8	7.34	1.91	15.32
HEB 400	400	300	13.5	24	27	197.8	155	57 680	10 819	2 880	721	17.1	7.4	1.91	15.32
HEM 400	432	307	21	40	27	325.8	256	104 119	19 335	4 820	1 260	17.9	7.7	1.93	12.41
														2.00	7.835
HEA 450	440	300	11.5	21	27	178	140	63 722	9 465	2 900	631	18.9	7.29	2.01	14.39
HEB 450	450	300	14	26	27	218	171	79 887	11 721	3 550	781	19.1	7.33	2.01	14.39
HEM 450	478	307	21	40	27	335.4	263	131 484	19 339	5 500	1 260	19.8	7.59	2.03	11.84
														2.10	7.959
HEA 500	490	300	12	23	27	197.5	155	86 975	10 367	3 550	691	21	7.24	2.11	13.60
HEB 500	500	300	14.5	28	27	238.6	187	107 176	12 624	4 290	842	21.2	7.27	2.11	13.60
HEM 500	524	306	21	40	27	344.3	270	161 929	19 155	6 180	1 250	21.7	7.46	2.12	11.34
														2.18	8.079
HEA 550	540	300	12.5	24	27	211.8	166	111 932	10 819	4 150	721	23	7.15	2.21	13.29
HEB 550	550	300	15	29	27	254.1	199	136 691	13 077	4 970	872	23.2	7.17	2.21	13.29
HEM 550	572	306	21	40	27	354.4	278	197 984	19 158	6 920	1 250	23.6	7.35	2.22	11.15
														2.28	8.195
HEA 600	590	300	13	25	27	226.6	178	141 208	11 271	4 790	751	25	7.05	2.31	12.98
HEB 600	600	300	15.5	30	27	270	212	171 041	13 350	5 790	902	25.2	7.08	2.31	12.98
HEM 600	620	305	21	40	27	363.7	285	237 447	18 975	7 660	1 240	25.6	7.22	2.32	10.96
														2.37	8.308
HEA 650	640	300	13.5	26	27	241.6	190	175 178	11 724	5 470	782	26.9	6.97	2.41	12.69
HEB 650	650	300	16	31	27	286.3	225	210 616	13 984	6 480	932	27.1	6.99	2.41	12.69
HEM 650	668	305	21	40	27	373.7	293	281 667	18 979	8 430	1 240	27.5	7.13	2.42	10.77

Tabla Perfiles HE - Medidas, masas y datos de sección

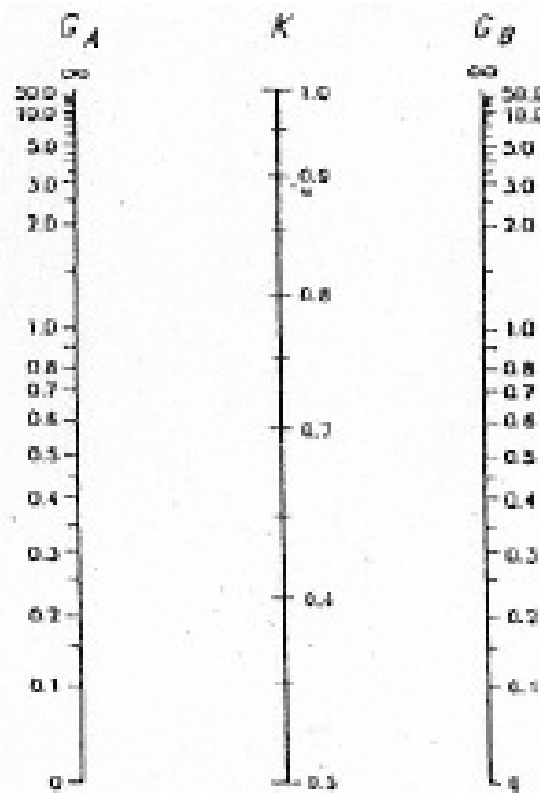
Designación	Medidas en mm					A	m	Momento de inercia		Módulo resistente		Radio de giro		Superficie	
	h	b	s	t	r	cm ²	Kg/m	I _x	I _y	W _x	W _y	i _x	i _y	m ² /m	m ² /t
HEA 650	640	300	13.5	26	27	241.6	190	175 178	11 724	5 470	782	26.9	6.97	2.41	12.69
HEB 650	650	300	16	31	27	286.3	225	210 616	13 984	6 480	932	27.1	6.99	2.42	10.77
HEM 650	668	305	21	40	27	373.7	293	281 667	18 979	8 430	1 240	27.5	7.13	2.47	8,411
HEA 700	690	300	14.5	27	27	260.5	204	215 301	12 179	6 240	812	28.8	6.84	2.50	12.25
HEB 700	700	300	17	32	27	306.4	241	256 888	14 441	7 340	963	29	6.87	2.52	10.48
HEM 700	716	304	21	40	27	383	301	329 278	18 797	9 200	1 240	29.3	7.01	2.56	8,513
HEA 800	790	300	15	28	30	285.8	224	303 442	12 639	7 680	843	32.6	6.65	2.70	10.34
HEB 800	800	300	17.5	33	30	334.2	262	359 083	14 904	8 980	994	32.8	6.68	2.71	8,655
HEM 800	814	303	21	40	30	404.3	317	442 598	18 627	10 870	1 230	33.1	6.79	2.90	11.51
HEA 900	890	300	16	30	30	320.5	252	422 075	13 547	9 480	903	36.3	6.5	2.91	9,990
HEB 900	900	300	18.5	35	30	371.3	291	494 065	15 816	10 980	1 050	36.5	6.53	2.93	8,824
HEM 900	910	302	21	40	30	423.6	333	570 434	18 452	12 540	1 220	36.7	6.6	3.11	11.37
HEA 1000	990	300	16.5	31	30	346.8	272	553 846	14 004	11 190	934	40	6.35	3.13	9,905
HEB 1000	1000	300	19	36	30	400	314	664 748	16 276	12 890	1 090	40.1	6.38		
HEM 1000	1008	302	21	40	30	442.2	349	722 299	18 459	14 330	1 220	40.3	6.45		
															8,978

Nomograma Para Columnas

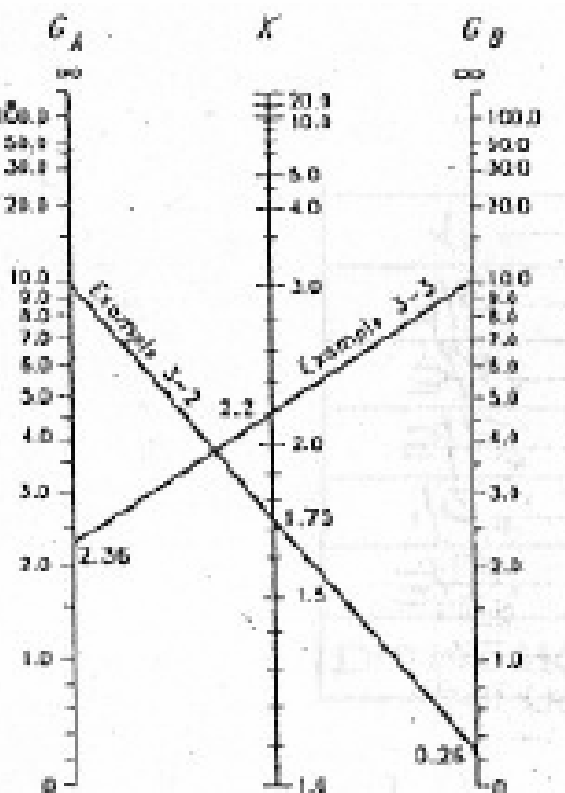
PARA MARCOS

ARRIOSTRADOS CONTRA LADEO

LADEO NO IMPEDIDO



SIDeways INHIBITED



SIDeways UNINHIBITED

ANEXO D
TIPOS DE ARMADURAS

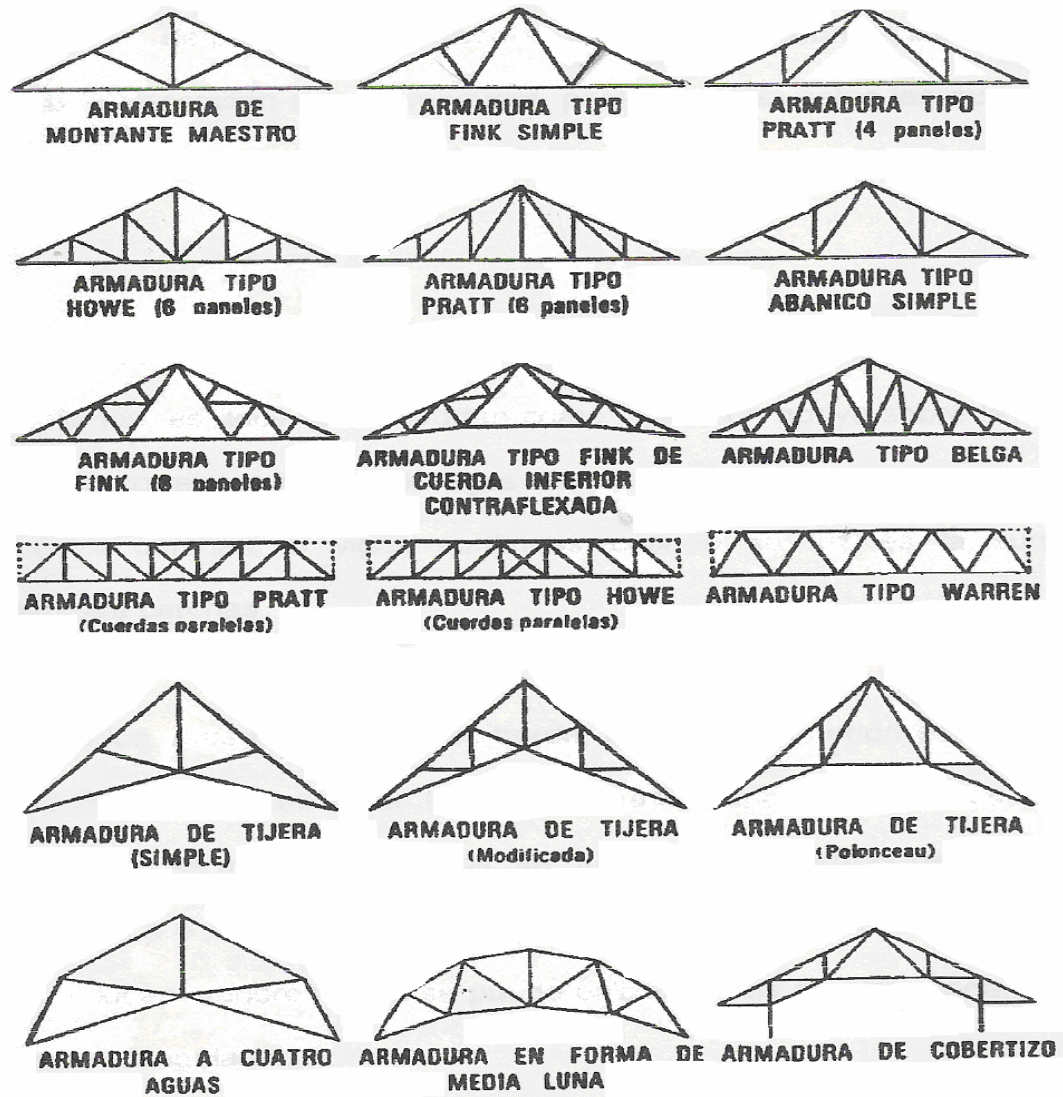


Figura 7. Algunos tipos de armadura