



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Civil**

**EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS DE COLOCACIÓN DE  
TEJA ASFÁLTICA COMO CUBIERTA DE TECHO,  
MEDIANTE LA COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO Y  
RELACIÓN COSTO TIEMPO**

**Fredy Alexander Contreras Castañaza**

**Asesorado por la Inga. Evelyn Maribel Morales Ramírez**

**Guatemala, junio de 2010**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS DE COLOCACIÓN DE  
TEJA ASFÁLTICA COMO CUBIERTA DE TECHO,  
MEDIANTE LA COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO Y  
RELACIÓN COSTO TIEMPO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**FREDY ALEXANDER CONTRERAS CASTAÑAZA**  
ASESORADO POR LA INGA. EVELYN MARIBEL MORALES RAMÍREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, JUNIO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia Gracia Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortíz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortíz Herincx
SECRETARIA a. i.	Inga. Mayra Grisela Corado

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
EXAMINADOR	Inga. Renzo Ricardo Gracioso Sierra
EXAMINADOR	Ing. Juan Ramón Ordóñez Hernández
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS DE COLOCACIÓN DE TEJA ASFÁLTICA COMO CUBIERTA DE TECHO, MEDIANTE LA COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO Y RELACION COSTO TIEMPO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 21 de agosto de 2009.



Fredy Alexander Contreras Castañaza

Guatemala, 17 de mayo de 2010

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director de Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Montenegro,

Me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación **EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS DE COLOCACIÓN DE TEJA ASFÁLTICA COMO CUBIERTA DE TECHO, MEDIANTE LA COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO Y LA RELACIÓN COSTO TIEMPO**, elaborado por el estudiante universitario **Fredy Alexander Contreras Castañaza** quien contó con la asesoría de la suscrita.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante Fredy Alexander Contreras Castañaza satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención prestada a la presente

Atentamente me suscribo,

  
Inga. Evelyn Maribel Morales Ramírez  
Asesora





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,  
26 de mayo de 2010

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS DE COLOCACIÓN DE TEJA ASFÁLTICA COMO CUBIERTA DE TECHO, MEDIANTE LA COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO Y LA RELACIÓN COSTO TIEMPO**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Fredy Alexander Contreras Castañaza, quien contó con la asesoría de la Ingeniera Evelyn Maribel Morales Ramírez.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑADA A TODOS

  
Lic. Manuel María Guillén Salazar  
Jefe del Departamento de Planeamiento

**Manuel María Guillén Salazar**  
**ECONOMISTA**  
Colegiado No. 4758



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
PLANEAMIENTO  
USAC

/bbdeb.



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Evelyn Maribel Morales Ramírez y del Jefe del Departamento de Planeamiento, Lic. Manuel María Guillén Salazar, al trabajo de graduación del estudiante Fredy Alexander Contreras Castañaza, titulado EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS DE COLOCACIÓN DE TEJA ASFÁLTICA COMO CUBIERTA DE TECHO, MEDIANTE LA COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO Y RELACIÓN COSTO TIEMPO, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, junio de 2010

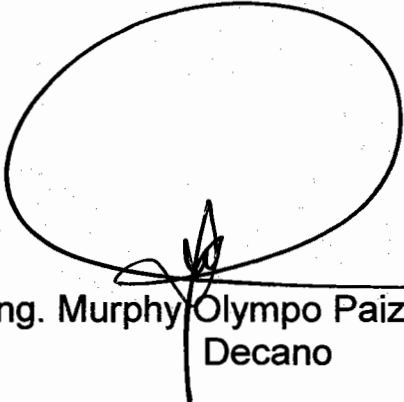
/bbdeb.



Ref. DTG.224-2010

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS DE COLOCACIÓN DE TEJA ASFÁLTICA COMO CUBIERTA DE TECHO, MEDIANTE LA COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO Y RELACIÓN COSTO TIEMPO**, presentado por el estudiante universitario **Fredy Alexander Contreras Castañaza**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, junio de 2010



/cc



## **ACTO QUE DEDICO A**

- DIOS:** Dador de toda buena dádiva y de todo don perfecto, en el cual no hay mudanza, ni sombra de variación.
- MIS PADRES:** Por que hasta el día de hoy han sido mi sustento y modelo de vida:  
Alejandro Contreras Blanco  
Glenda Castañaza Saravia
- MIS HERMANOS:** Por ayudarme a alcanzar esta primera meta:  
Douglas Ariel, Ingrid Marleny, Marlon Alfredo, Rudy Alejandro, Marco Tulio.
- MIS AMIGOS:** Que hoy me acompañan y que por temor a olvidar a uno de ellos, solo hago mención del lugar donde tuve el privilegio de conocerlos: Escuela de Párvulos Alberto Velásquez, Colegio Nstra. Sra. de Guadalupe, Colegio IMB-PC, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, Museo de los Niños de Guatemala, Centro de Investigaciones de Ingeniería.
- MIS CATEDRÁTICOS :** Sonia Ileana Mendoza, Luis Manuel Sandoval Mendoza, Pablo Christian de León Rodríguez, Carlos Salvador Gordillo García, Hugo Leonel Montenegro Franco, Jorge Mario Vettorazzi, Ericka Johanna Cano.
- MIS PADRINOS DE GRADUACIÓN:** Inga. Evelyn Maribel Morales Ramírez  
Lic. José Francisco Palacios Coronado

## AGRADECIMIENTOS A

Dios, quien me ha llenado de su Espíritu, en sabiduría y en inteligencia, en ciencia y todo arte.

Mis abuelos, tíos, primos y cada persona de las familias, Contreras, Castañaza e Iboy; por sus consejos, por creer en mí y apoyarme hasta el día de hoy.

A mi novia, Andrea Celeste, regalo de Dios, alegría de mi vida y motivo para seguir alcanzando metas.

Mi amiga, maestra y asesora Inga. Evelyn Maribel Morales Ramírez .

Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería:

Sección de Tecnología de la Madera

Sección de Metales y Productos Manufacturados

Sección de Concretos

Sección de Mecánica de Suelos

Centro de Información de la Construcción CICÓN

Extensión de Docencia

Jefes y compañeros de Trabajo de Hotel *Radisson* Guatemala, Audio Color, Servicios Eléctricos Profesionales, TECSERCA, OEG, SETSA, Museo de los Niños de Guatemala, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil y Universidad de San Carlos de Guatemala.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XV</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XVII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XIX</b>
<b>1. DEFINICIONES GENERALES SOBRE TEJAS ASFÁLTICAS</b>	<b>1</b>
1.1 Materiales que componen las tejas asfálticas	1
1.2 Tipos de tejas asfálticas	2
1.2.1 Tejas enclavadas	2
1.2.2 Tejas laminadas	3
1.2.3 Tejas Pesadas	4
1.3 Consideraciones generales sobre tejas asfálticas	4
1.3.1 Resistencia al desgarre	4
1.3.2 Resistencia ante ataques de Microorganismos	5
1.3.3 Resistencia al fuego	6
<b>2. CÁLCULO DE CANTIDADES DE TEJADO</b>	<b>7</b>
2.1 Estimación del área de un tejado	7
2.1.1 Tejados a dos vertientes	8
2.1.2 Tejados a cuatro vertientes	12
2.2 Técnicas de cálculo útiles y consideraciones generales para el cálculo de tejado	13

2.2.1	Anatomía de un techo	13
2.2.2	Estimación de dimensiones	15
2.2.3	Cálculo de residuos	16
2.3	Ejemplo de cálculo de techado en techos de dos vertientes	18
2.3.1	Cálculo del área a techar	18
2.3.2	Cálculo de cumbrera	19
2.3.3	Cálculo de material para la cornisa	20
2.3.4	Cálculo de accesorios básicos	20
2.3.5	Cantidad total de materiales necesarios	21
2.4	Ejemplo de cálculo de tejado en techos de cuatro vertientes	21
2.4.1	Cálculo del área a techar	21
2.4.2	Cálculo de cumbrera	22
2.4.3	Cálculo de material para la cornisa	23
2.4.4	Cálculo de accesorios básicos	23
2.4.5	Cantidad total de materiales necesarios	24
3.	<b>DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS MÍNIMOS Y ESPECIFICACIONES PARA TEJAS ASFÁLTICAS</b>	25

3.1	Descripción de la prueba para Inspección de las características físicas de la teja asfáltica (ASTM D 3462 - 87)	25
3.2	Descripción de la determinación de la resistencia mecánica de la teja asfáltica (ASTM D 6381 – 03b)	27
3.3	Descripción de la prueba estándar para determinar la resistencia al viento de la teja asfáltica, utilizando un generador de viento (ASTM D 3161 – 03b)	28
3.4	Otras normas y requerimientos para tejas asfálticas	30
<b>4.</b>	<b>MÉTODOS DE INSTALACIÓN DE TEJA ASFÁLTICA</b>	
4.1	Consideraciones generales para la instalación de teja Asfáltica	31
4.1.1	Consideraciones generales sobre el piso base	31
4.1.2	Consideraciones generales sobre contrapiso para teja asfáltica	32
4.1.3	Consideraciones generales para la sujeción de tejas asfálticas	34
4.2	Método 1: Instalación escalonada en diagonal con recortes incrementales de seis pulgadas por seis hileras “seis por seis”	35
4.2.1	Descripción del método “seis por seis”	35

4.2.2	Integración de renglones y costo por renglón del método “seis por seis”	38
4.2.3	Tiempo estimado de instalación utilizando el método “seis por seis”	45
4.2.4	Riesgos y limitaciones de la implementación del método “seis por seis”	46
4.3	Método 2: Método de escalonada en diagonal con recortes incrementales de cinco pulgadas por doce hileras “doce por cinco”	47
4.3.1	Descripción del método “doce por cinco”	47
4.3.2	Integración de renglones y costo por renglón del método “doce por cinco”	49
4.3.3	Tiempo estimado de instalación utilizando el método “doce por cinco”	54
4.3.4	Riesgos y limitaciones de la implementación del método “doce por cinco”	55
4.4	Método 3: Método escalonado en columna vertical sencilla “escalonado en columna”	57
4.4.1	Descripción del método “escalonado en columna”	57
4.4.2	Integración de renglones y costo por renglón del método “escalonado en columna”	59

4.4.3	Tiempo estimado de instalación utilizando el método "escalonado en columna"	64
4.4.4	Riesgos y limitaciones de la implementación del método "escalonado en columna"	65
<b>5.</b>	<b>COMPARACIÓN ENTRE LOS TRES MÉTODOS DE COLOCACIÓN PROPUESTOS</b>	<b>67</b>
5.1	Comparación entre el método "seis por seis" y el método "doce por cinco"	67
5.1.1	Comparación de costos por renglón	67
5.1.2	Comparación de tiempos de instalación	72
5.1.3	Comparación entre las fortalezas y debilidades de los métodos	72
5.2	Comparación entre el método "seis por seis" y el método "escalonado en columna"	74
5.2.1	Comparación de costos por renglón	74
5.2.2	Comparación de tiempos de instalación	77
5.2.3	Comparación entre las fortalezas y debilidades de los métodos	77
5.3	Comparación entre el método "doce por cinco" y el método "escalonado en columna"	78

5.3.1 Comparación de costos por renglón	79
5.3.2 Comparación de tiempos de instalación	82
5.3.3 Comparación entre las fortalezas y debilidades de los métodos	82

<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS ENTRE LAS COMPARACIONES ENTRE MÉTODOS</b>	85
<b>CONCLUSIONES</b>	93
<b>RECOMENDACIONES</b>	95
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	97



## INDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Materiales que componen una teja asfáltica	2
2. Ejemplo de teja enclavada	3
3. Teja laminada	3
4. Parte posterior y frontal de una teja pesada	4
5. Medición directa de un tejado a dos vertientes	8
6. Medición de un tejado a dos vertientes a través de una vista en planta	9
7. Determinación de pendiente con cinta métrica y nivel	10
8. Proyección horizontal de un tejado a cuatro vertientes	12
9. División geométrica de la proyección horizontal de un tejado a cuatro vertientes	13
10. Anatomía de un techo	14
11. Medición directa de dimensiones de tejado	16
12. Forma de colocar las tejas en la cumbrera	19
13. Equipo de prueba estándar para determinar la resistencia al viento de la teja asfáltica, utilizando un generador de viento (ASTM D 3161- 03B)	28
14. Colocación de piso base	32
15. Colocación de contrapiso	33
16. Colocación correcta de fijaciones	35
17. Colocación de teja en hilera inicial	36
18. Instalación de primeras seis hileras con recortes incrementales de seis pulgadas	37
19. Forma de colocación del resto de hileras con el método	

“seis por seis”	38
20. Teja asfáltica estándar	41
21. Cantidad de tejas a usar por metro cuadrado en el método “seis por seis”	41
22. Patrón de instalación de tejas utilizando el método “doce por cinco”	49
23. Patrón de instalación de tejas utilizando el método “escalonado en columna”	58
24. Forma de instalar una teja entera donde se realizo un recorte para el método “escalonado en columna	59
25. Comparación gráfica de costo de material de contrapiso: “método escalonado en columna” y “método seis por seis	74
26. Comparación gráfica de costo de teja asfáltica: “método escalonado en columna” y “método seis por seis”	75
27. Comparación gráfica de costo de Cemento Asfáltico: “método escalonado en columna” y “método seis por seis	75
28. Comparación gráfica de costo de fijaciones: “método escalonado en columna” y “método seis por seis”	76
29. Comparación gráfica de costo por cortes: “método escalonado en columna” y “método seis por seis	76
30. Comparación gráfica de tiempos de instalación: “método escalonado en columna” y “método seis por seis”	77
31. Comparación gráfica de costo de material de contrapiso: “método doce por cinco y “método escalonado en columna”	79
32. Comparación gráfica de costo de material de teja asfáltica: “método doce por cinco y “método escalonado en columna”	80
33. Comparación gráfica de costo de material de cemento asfáltico: “método doce por cinco y “método escalonado en columna”	80

34. Comparación gráfica de costo de material de fijaciones: “método doce por cinco y “método escalonado en columna”	81
35. Comparación gráfica de costo por cortes: “método doce por cinco” y “método escalonado en columna”	81
36. Comparación gráfica de tiempos de instalación: “método doce por cinco” y “método escalonado en columna”	82
37. Comparación gráfica de costo de material de contrapiso entre los tres métodos	85
38. Comparación gráfica de costo de teja asfáltica entre los tres métodos	86
39. Comparación gráfica de costo de cemento asfáltico entre los tres métodos	87
40. Comparación gráfica de costo de fijaciones entre los tres métodos	88
41. Comparación gráfica de costo por cortes entre los tres métodos	89
42. Comparación gráfica de tiempos asociados a cada renglón entre los tres métodos	90
43. Comparación de la aportación por renglón al tiempo total de instalación entre los tres métodos	90
44. Comparación gráfica de costo y tiempo total entre los tres métodos	91

## TABLAS

I. Factores de pendiente para techos estándar	11
II. Porcentaje aproximado que se debe usar para residuos	17
III. Factores de residuo o desperdicio	18
IV. Factores para calcular longitud de cumbreras en techos de cuatro vertientes	22

V. Requerimientos físicos para tejas asfálticas, según norma ASTM D 3462-03 a	25
VI. Masas para tejas asfálticas según norma ASTM D 3462-03 a	26
VII. Resumen de renglones y costos asociados por renglón para el método "seis por seis"	44
VIII. Resumen de renglones y costos asociados por renglón para el	
IX. método "doce por cinco"	53
X. Resumen de renglones y costos asociados por renglón para el método "escalonado en columna"	63
XI. Costos totales a comparar por renglón para el método "seis por seis"	68
XII. Costos totales a comparar por renglón para el método "doce por cinco"	68
XIII. Costos totales a comparar por renglón para el método "escalonado en columna"	69

## GLOSARIO

<b>Adhesivo</b>	Pegante aplicado a las tejas asfálticas para mantenerlas en su posición bajo condiciones severas de viento.
<b>Alero</b>	Borde inferior horizontal externo de un alero.
<b>Anidado</b>	Método de instalación de tejas asfálticas, mediante el cual el borde superior de la teja nueva se une a tope contra el borde inferior de la lengüeta de la teja de un patrón de instalación distinto ya existente.
<b>Asfalto</b>	Material bituminoso e impermeabilizante aplicado a los materiales de techado durante la fabricación
<b>ASTM</b>	Sociedad Americana de Ensayos y Materiales. Una organización voluntaria que se ocupa del desarrollo de normas de consenso, procedimientos de pruebas y especificaciones de productos.
<b>Cemento asfáltico</b>	Cemento de techado a base de asfalto que contiene disolventes, utilizado para ligar los materiales que componen la cubierta de techo.

<b>Cinta Protectora</b>	Tira plástica aplicada al respaldo de las tejas autosellantes. Esta tira impide que las tejas se peguen unas a otras en los paquetes y normalmente no debe ser quitada para la instalación.
<b>Contrapiso</b>	Fieltro impregnado de asfalto usado debajo del material de techado (tejas), para proporcionar protección impermeabilizante al material de piso base.
<b>Cornisa</b>	Borde inclinado de un tejado en pendiente sobre una pared.
<b>Cumbrera</b>	Ángulo superior externo horizontal formado por la intersección de dos planos de tejado inclinado.
<b>Fieltro</b>	Material colocado bajo las tejas asfálticas, elaborado a base de fibras orgánicas impregnadas de asfalto.
<b>Gránulos</b>	Partículas de roca de distintos colores, triturada, recubierta con cerámica, que se aplica a la superficie expuesta de las tejas asfálticas.
<b>Hilera</b>	Fila horizontal de teja o de material de techado en rollo, colocado a lo largo del tejado.

<b>Lengüeta</b>	Porción expuesta de las tejas de tira, definida por recortes, cuyo número dependerá de la clase de la teja.
<b>OSB</b>	Material utilizado como piso base, presentado en planchas o láminas de dimensiones estándar, compuesta de virutas o fibras de madera orientadas sin chapa.
<b>Patrón</b>	Diseños diversos que siguen una forma geométrica definida, resultado de la superposición de las tejas según sea el método de instalación.
<b>Pendiente</b>	Grado de inclinación del tejado, expresado como la relación de la elevación, con relación al tramo horizontal que este implica al formar 90°.
<b>Piso base</b>	Superficie instalada sobre distintos miembros de apoyo de la estructura del techo, sobre la cual se instalan los materiales de techado. Este puede ser OSB, Plywood FRT o Plywood Fenólico.
<b>Plywood Fenólico</b>	Madera contrachapada que se une con resinas fenólicas para darle resistencia a la intemperie, principalmente a la humedad.
<b>Plywood FRT</b>	Madera contrachapada tratada con materiales retardantes de la ignición.

**Reborde de  
Escurrimiento**

Todo aquel material anticorrosivo, resistente a las manchas, usado a lo largo de los aleros y cornisas para permitir que la esorrentia de agua gotee alejada del piso base o se infiltre bajo las tejas asfálticas, dañando el material de piso base.

**Subida**

Distancia vertical desde la línea del alero hasta la cumbrera.



## RESUMEN

En nuestro país, las cubiertas de techo han sido predominadas por láminas de zinc o aleaciones de este material, tejas tradicionales y recientemente, láminas termoacústicas y láminas fabricadas de diferentes polímeros. La teja asfáltica es un material que a pesar de que ha cobrado auge como cubierta de techo, es desconocido por gran parte del sector de la construcción, y generalmente quienes lo utilizan como cubierta de techo, lo instalan generalmente de forma empírica, o con un solo patrón que adaptan a cualquier volumetría de techo.

Cuando se habla de instalación de cualquier cubierta de techo, es necesario conocer en detalle los distintos factores que intervienen en el proceso; como material del que está compuesta la cubierta de techo, normativa para mantener un control de calidad, anatomía del techo donde se colocara la cubierta y el procedimiento técnico correcto de colocación de la misma.

El presente trabajo pretende dar un aporte significativo a quienes desean emplear la teja asfáltica como cubierta de techo, fundamentando de forma teórica y práctica el uso de la teja asfáltica, presentando definiciones generales sobre las tejas asfálticas, materiales que las componen, tipos de tejas asfálticas; así como consideraciones técnicas y especificaciones generales como la estimación del área de un tejado, técnicas de cálculo para hacer un estimado de la cantidad de tejas para cubrir un tejado y la normativa que describa las especificaciones y requerimientos mínimos.

Lo que permitirá tener un control de calidad sobre el material utilizado para techado.

En lo que a métodos de instalación refiere, se describen tres procedimientos sencillos de instalación de teja asfáltica, haciendo saber sus ventajas y desventajas, fortalezas y debilidades; haciendo una comparación del costo y tiempo de instalación de las actividades principales que cada uno de los métodos implica; enunciando cuando se puede o no implementar cada método, esto a fin de que el trabajo resulte como un documento de apoyo para la selección de uno u otro método según las necesidades y el criterio del que lo aplique.

## OBJETIVOS

- **General**

Realizar una evaluación de tres métodos de colocación de teja asfáltica, a través de la comparación del rendimiento, costo y tiempo que requiere aplicar cada uno de éstos.

- **Específicos:**

1. Describir tres métodos distintos de colocación de teja asfáltica, con el fin de conocer las cantidades de material y el procedimiento de instalación de cada método.
2. Integrar los costos y tiempo asociados a cada una de las actividades necesarias para implementar cada uno de los métodos de instalación de teja asfáltica descritos.
3. Comparar gráficamente el tiempo que requiere implementar cada método y el costo asociado a cada uno de ellos.
4. Hacer un análisis de la comparación cualitativa de las ventajas y desventajas que cada método presenta.
5. Dar a conocer la normativa relacionada con el control de calidad de tejas asfálticas, para verificar el cumplimiento de características físicas y mecánicas de las mismas.

6. Facilitar al sector construcción un documento que sirva de apoyo y consulta al momento de implementar la teja asfáltica como cubierta de techo, garantizando su funcionamiento y vida útil para la población objetivo.

## INTRODUCCIÓN

En Guatemala, la búsqueda de soluciones alternativas para cubiertas de techos ha cobrado auge no solo por las solicitudes arquitectónicas actuales, sino también por la implementación de formas no tradicionales de techos de varias vertientes, que deben ser livianos para cubrir grandes luces.

Constructores, arquitectos e ingenieros, en esta búsqueda de alternativas han implementado la teja asfáltica (shingle), tanto por ofrecer una solución estética agradable como por tratarse de una cubierta que no ejerce carga excesiva a los techos, permitiendo tener grandes naves con soportes poco masivos.

La teja asfáltica (shingle), es un material fabricado con una membrana de fibra de vidrio impregnada con asfalto, que hace que como teja sea impermeable y resistente, la cantidad de asfalto usada confiere a la teja su grosor y gran parte de su peso, entonces es de esperar que mientras más asfalto se use, más tiempo durara la teja; la textura y color de la teja asfáltica, se debe a pequeños gránulos opacos fabricados de roca cerámica triturada y tamizada unida también con asfalto proporcionando también protección contra los rayos ultra violeta.

En nuestro país el uso de este material se hace cada vez mayor, pero se desconocen cuáles son los accesorios de instalación, normas que controlan la calidad y resistencia de la teja asfáltica, y primordialmente los correctos métodos de instalación, así como los rendimientos en obra que estos implican conociendo el tiempo y costo asociado a cada uno de los métodos.

El motivo del presente trabajo es hacer una comparación entre el rendimiento en obra a través de comparar el costo y tiempo que implica utilizar cada uno los distintos métodos de colocación de teja asfáltica; lo que coadyuvara a la selección de un método que se ajuste a las necesidades y capacidades de los constructores, así como dar a conocer la normativa y métodos para el ensayo e inspección de la teja asfáltica y materiales necesarios para instalarla, ya que parte importante de poder implementar cualquier método constructivo, es la verificación de que el material a utilizar cumpla con los requerimientos técnicos mínimos de acuerdo con especificaciones internacionales.

En virtud de lo anterior, se describen formas sencillas para el cálculo de áreas de techos de dos y cuatro vertientes, los materiales necesarios para cubrir tales áreas y los posibles accesorios para techos que utilicen teja asfáltica pues es parte importante al momento de integrar los costos de cada método para poder ser comparados; todo esto con el fin de ser un documento que facilite y estimule el correcto uso de la teja asfáltica como cubierta de techo.

El fin primordial del presente trabajo es realizar una programación eficiente y eficaz en obras, para una distribución adecuada de recursos; minorizando el costo y tiempo de colocación de una cubierta de techo.

Se pone a disposición de docentes y estudiantes, así como de investigadores que deseen profundizar en el tema y generen valor agregado en el mismo.

# 1. DEFINICIONES GENERALES SOBRE TEJAS ASFÁLTICAS

## 1.1 Materiales que componen las tejas asfálticas

Los materiales que componen las tejas asfálticas son:

- Gránulos de material pétreo o material cerámico
- Fieltro
- Asfalto
- Materiales bituminosos diversos

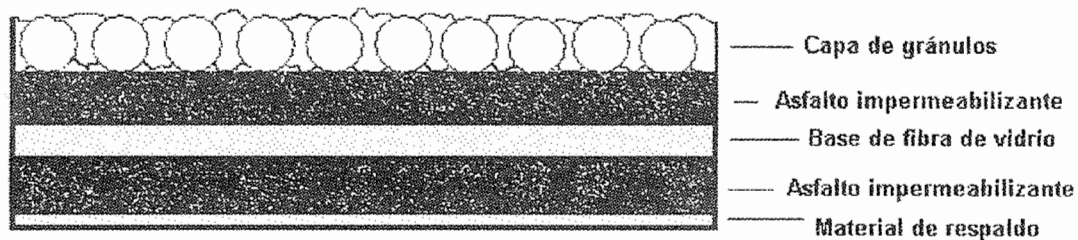
Los gránulos de material pétreo que componen las tejas asfálticas básicamente son aplicados a varias capas de fieltro, unidas con asfalto, que hacen que la teja sea resistente e impermeable. La cantidad de asfalto usada, determina en gran parte, el grosor, la resistencia y peso de la teja, es decir; mientras más asfalto se utilice durante su elaboración, mayor será la durabilidad de la teja. El asfalto utilizado debe ser de alta calidad con minerales pulverizados llamados estabilizadores, para dar "mayor cuerpo" y resistencia a las tejas.

El material pulverizado debe ser suficiente para que las tejas no se vuelvan blandas o "pegajosas", ya que esto las hace susceptibles a altas temperaturas, pudiendo provocar peladuras en tiempo de verano. Dentro de este material pulverizado, se añaden pequeños gránulos opacos, que darán protección a la teja contra los rayos ultra violeta; estos gránulos son fabricados de roca triturada y tamizada, recubierta de un material cerámico que determina el color de las tejas.

Una vez la teja ya está conformada con el material cerámico se añade una capa de cobre para dar resistencia contra algas. En la parte posterior de la tejas, se aplica un mineral triturado, llamado "material de respaldo", lo que evita que se adhieran a la maquinaria de fabricación o entre sí, al momento que se apilan o se empacan para su distribución.

Para sujetar las tejas algunos fabricantes añaden tiras de adhesivo a la parte posterior, hechas de un material bituminoso, elaborado a base de petróleo que una vez instalada la teja, funde con el calor del ambiente hacia la teja que esta en la parte posterior dándole resistencia a el levantamiento.

**Figura 1. Materiales que componen una teja asfáltica**



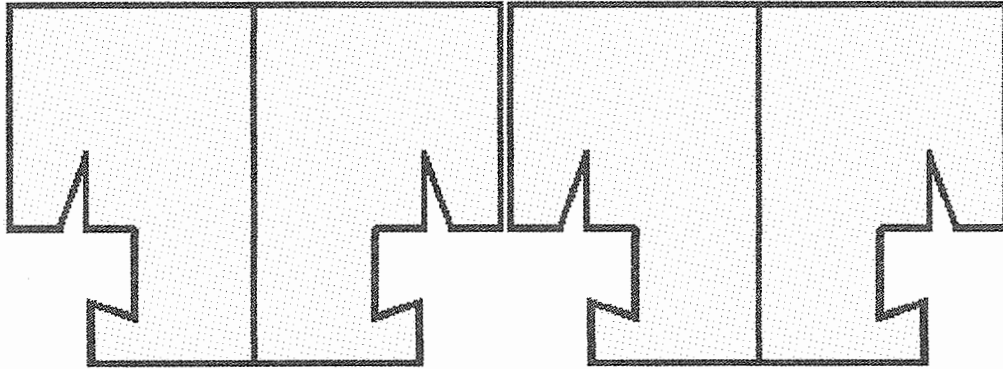
## 1.2 Tipos de tejas asfálticas

### 1.2.1 Tejas enclavadas

Las tejas enclavadas están diseñadas para ofrecer resistencias altas a los vientos fuertes. Las tejas enclavadas presentan distintas formas y medios de enclave proporcionando una fijación mecánica debida a la geometría de la teja.



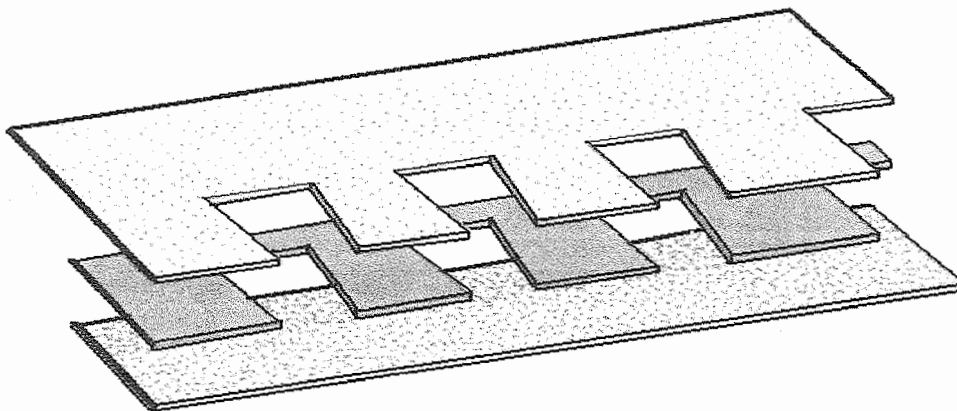
Figura 2. Ejemplo de teja enclavada



### 1.2.2 Tejas laminadas

Las tejas laminadas poseen tres o cuatro lengüetas y gránulos de distinta clase en sus capas superior e inferior; generalmente se utilizan en zonas con climas extremos. En este tipo de tejas, existen distintos tamaños, marcas y procedimientos de instalación, es importante consultar a los fabricantes sobre el manejo de las mismas; no se deben suponer tamaños ni procedimientos estándar de instalación al momento de colocar estas tejas.

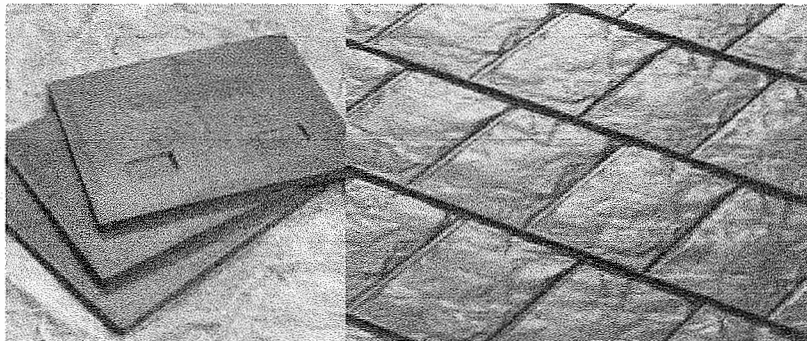
Figura 3. Teja laminada



### 1.2.3 Tejas pesadas

Este tipo de tejas puede ser de peso mediano o pesadas. La ventaja de estas tejas es que pueden dar un aspecto más vistoso a los techos, debido a que las líneas de sombra, las texturas y las mezclas de colores en estas tejas son de una gama mas amplia, por lo que también se les denominan “tejas arquitectónicas”. Estas tejas pueden tener un peso entre  $11.95 \text{ kg/m}^2$  y  $17.38 \text{ kg/m}^2$ , debido a que se les añade fibras de aluminio y zinc lo que hace que también tengan mayor resistencia al rompimiento y un aspecto más liso en el acabado.

Figura 4. Parte posterior y frontal de una teja pesada



Fuente: tamko-sp.com. Catálogo de tejas. Pág. 3

## 1.3 Consideraciones generales sobre la resistencia de las tejas asfálticas

### 1.3.1 Resistencia al desgarre

La resistencia al desgarre es una de las mejores formas de comparar la calidad de las tejas asfálticas.

La Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM) dicta los métodos aceptados para medir y comparar la resistencia a desgarre en las tejas. Este método forma parte de la norma de rendimiento ASTM D – 6381 y ASTM D – 3462 que dan parámetros de la resistencia mínima al desgarre ya sea mecánico por levantado (simulando la resistencia al viento), o de tipo péndulo (a tensión). Es importante tomar en cuenta que una teja de alta calidad posee buena resistencia al desgarre; haciendo que al momento de instalarlas no sufran daños significativos haciendo que se incurra en costos innecesarios. Para seleccionar una teja de cualquier marca, se debe verificar que posee la certificación correspondiente de resistencia, lo que nos garantizará la calidad de la misma, sabiendo que no sufrirá daños al momento de caminar sobre ellas o cuando el viento incida sobre la superficie del techo.

La normas indican que se debe cumplir con una resistencia mínima al desgarre de 1700 gramos de fuerza.

### **1.3.2 Resistencia ante ataques de microorganismos**

La resistencia de las tejas al ataque de microorganismos se debe a los componentes de los gránulos que quedan expuestos a la intemperie. Generalmente se emplean gránulos revestidos de metal de zinc y óxido de cobre, que evitan la formación de algas verde-azuladas, y eflorescencias diversas; algunos fabricantes también añaden fosfato trisódico (TSP), que funciona como algüicida. En el caso de musgos y líquenes, es importante mantener la cubierta de techo libre de residuos de materia orgánica, que puedan acumular humedad y fomenten un ambiente propicio para el desarrollo de estos microorganismos, ya que algunos logran adherirse al recubrimiento cerámico de los gránulos de las tejas.

### **1.3.3 Resistencia al fuego**

Generalmente, el grado requerido de resistencia al fuego se establece en códigos locales de construcción o también por las distintas compañías de seguros. Las tejas asfálticas generalmente son fabricadas para cumplir con la clasificación de la entidad internacional llamada Underwriters Laboratories, Inc. (UL); la cual dicta las normas de resistencia contra incendios (normas UL).

Según la UL existen tres pruebas básicas que determinan la resistencia al fuego en tejas; estas son: resistencia a la propagación de las llamas, resistencia a llamas intermitentes y resistencia a combustión debida a material encendido en la superficie superior de las tejas.

A partir de estas pruebas se pueden clasificar las tejas en tres tipos o niveles de resistencia al fuego:

Clase A: Proporcionan resistencia intensa a un incendio

Clase B: Son tejas resistentes a una exposición moderada a un incendio.

Clase C: Soportan una exposición ligera a un incendio.

## 2. CÁLCULO DE CANTIDADES DE TEJADO

### 2.1 Estimación del área de un tejado

Las áreas del tejado se pueden dividir en varias formas básicas:

- Rectangular
- Triangular
- Trapezoidal (rectángulo, triángulo y paralelogramo)

Existen varias maneras de determinar las dimensiones del tejado. Entre ellas se encuentran:

Subir al tejado y realizar mediciones directamente allí

Observar el tejado desde el suelo. Usar varias técnicas, las cuales describimos mas adelante, para dividir el área en rectángulos y triángulos. Dibujar una vista en planta.

Usar los planos del edificio existentes para obtener las dimensiones del tejado.

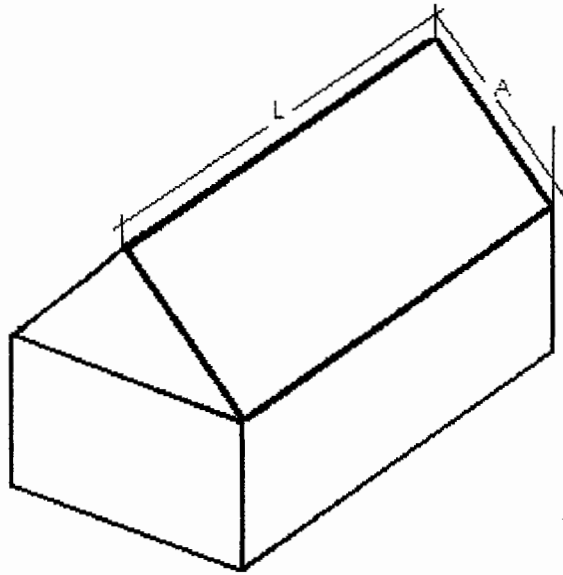
Usar los planos del edificio existentes para obtener las dimensiones del tejado.

### 2.1.1 Tejados a dos vertientes

**MEDICIÓN DIRECTA:** Considere el tejado a dos vertientes que se muestra en la figura 5. El área, como se puede ver, esta compuesta por dos rectángulos. El área de cada rectángulo es:

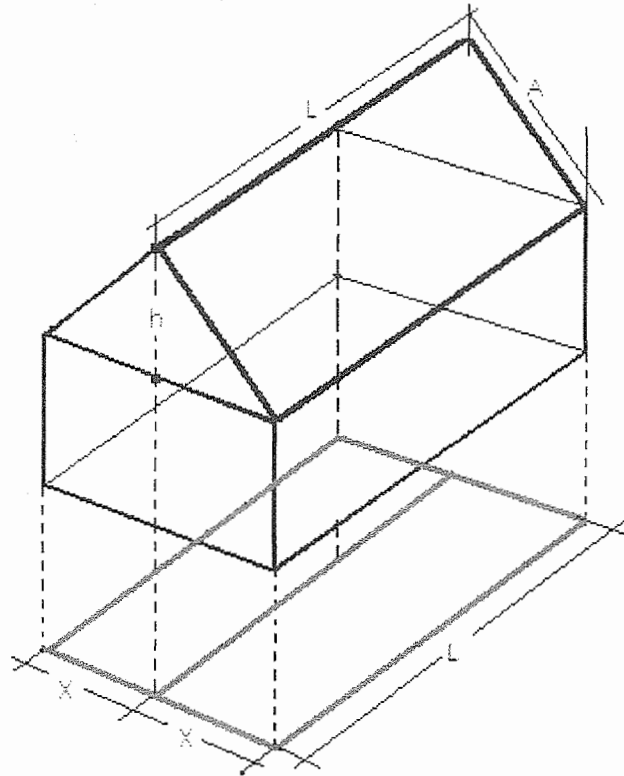
$$\text{Área} = 2 \times L \times A$$

Figura 5. Medición directa de un tejado a dos vertientes



**MEDICIÓN A TRAVÉS DE UNA VISTA EN PLANTA:** Para esto se puede representar una vista en planta del edificio, midiendo las dimensiones a nivel del suelo, esto es a lo que se llama vista en planta. Proyectando el área del tejado inclinado sobre una superficie horizontal, para obtener el área que se muestra en la figura 6. La dimensión A, es a la que llamaremos cornisa, que en planta se representara como B.

Figura 6. Medición de un tejado a dos vertientes a través de una vista en planta



Como se observa en la figura 5, el largo proyectado de la cumbrera identificado como L, es una dimensión real. En el caso de X, las dimensiones no son iguales que A, por lo que es necesario determinar el largo real de A, para lo que lo que necesitamos el concepto de pendiente.

Si se toma la sección transversal del tejado que se muestra en la figura 5, podemos ver la diferencia entre A y X. La pendiente de un tejado a la que se llamara "subida del tejado", se define como la altura del muro a la cumbrera (h), dividida por el tramo de tejado.

Esto sería: Pendiente o subida=  $h/X$  indicándonos el grado de inclinación del tejado.

Los grados de inclinación de los tejados están estandarizados, por ejemplo, se dice que un tejado de subida 5, debe tener una pendiente de 5"/12" ó 0.127m/0.3048m.

Las dimensiones en pulgadas hacen referencia a que todo el tejado se comercializa en dimensiones medidas en el sistema inglés. En la figura 7 se muestra una forma sencilla de determinar la pendiente.

**Figura 7. Determinación de pendiente con cinta métrica y nivel**



Si se conoce el tramo de tejado y la pendiente, se puede calcular la cantidad real A, para determinar el área real para la colocación de teja. Debido a que las pendientes o "subidas" de techo ya están estandarizadas, se pueden obtener factores por los cuales se puede multiplicar las dimensiones en planta para obtener de una forma más fácil el área a techar. Estos factores se muestran en la tabla I.



**Tabla I. Factores de pendiente para techos estándar**

Subida o pendiente expresada en pulgadas/pie (mm/m)	Factor de pendiente
4 (101.6)	1.054
5 (127)	1.083
6 (152.4)	1.118
7 (177.8)	1.157
8 (203.2)	1.202
9 (228.6)	1.250
10 (254)	1.302
11 (279.4)	1.356
12 (304.8)	1.414

Fuente: *Certain teed. Master Shingle Applicator*. Pág. 27

Conociendo entonces los factores de pendiente o “subida” de un techo se puede calcular el área de la siguiente forma:

Área a techar= (área vista en planta) x factor de pendiente o subida.

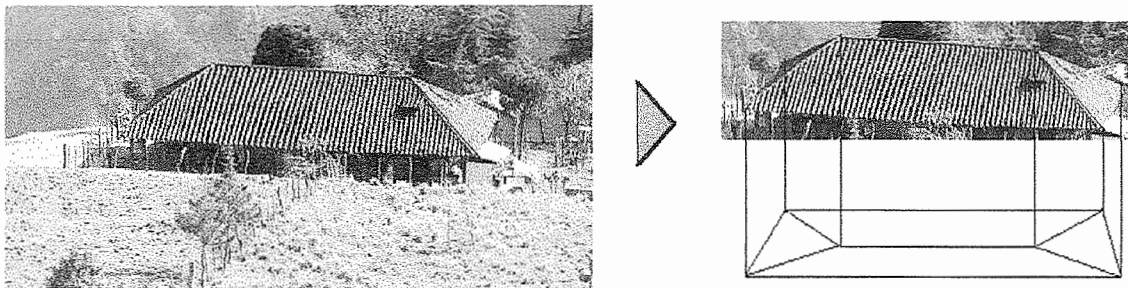
Para el techo de la figura 6, suponiendo que tiene una pendiente o subida de 5, el área sería:

Área a techar= (2X(L)) x 1.083

### 2.1.2 Tejados a cuatro vertientes

La estimación del área de un tejado a cuatro vertientes, debe hacerse en una proyección horizontal, como se muestra en la figura 8.

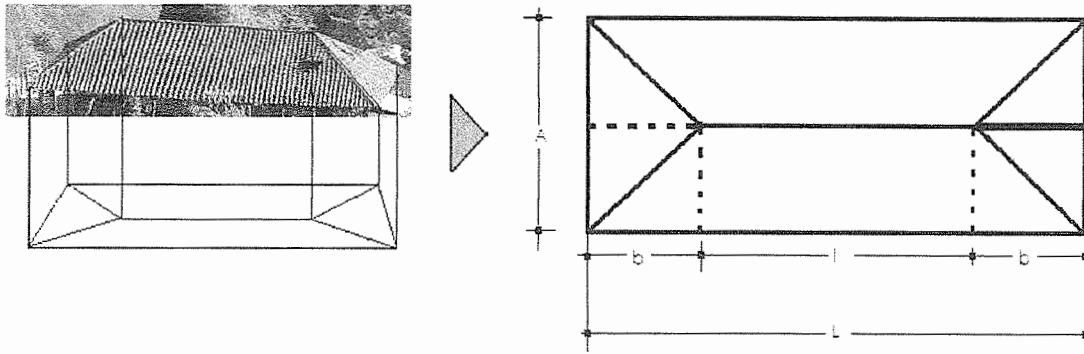
**Figura 8. Proyección horizontal de un tejado a cuatro vertientes**



Los cuatro lados de un tejado a cuatro vertientes convencional, deben tener la misma pendiente. En la figura 8 se observa que la proyección horizontal o vista en planta se compone de dos triángulos en los extremos y dos trapezoides. El trapezoide se puede dividir al mismo tiempo en dos triángulos y un rectángulo.

Al dividir el trapezoide, se podrá determinar el largo de la cumbrera, como se muestra en la figura 9. Una vez realizada esta división geométrica de la proyección horizontal, resultara sencilla la estimación del área del tejado.

**Figura 9. División geométrica de la proyección horizontal de un tejado a cuatro vertientes**



Entonces, para calcular el área de este tejado, se necesita conocer el factor de pendiente; una vez conocido este factor, multiplicaremos este factor por el ancho y largo del tejado, de la siguiente forma:

$$\text{Área} = [(b + l + b) \times A] \times \text{factor de pendiente}$$

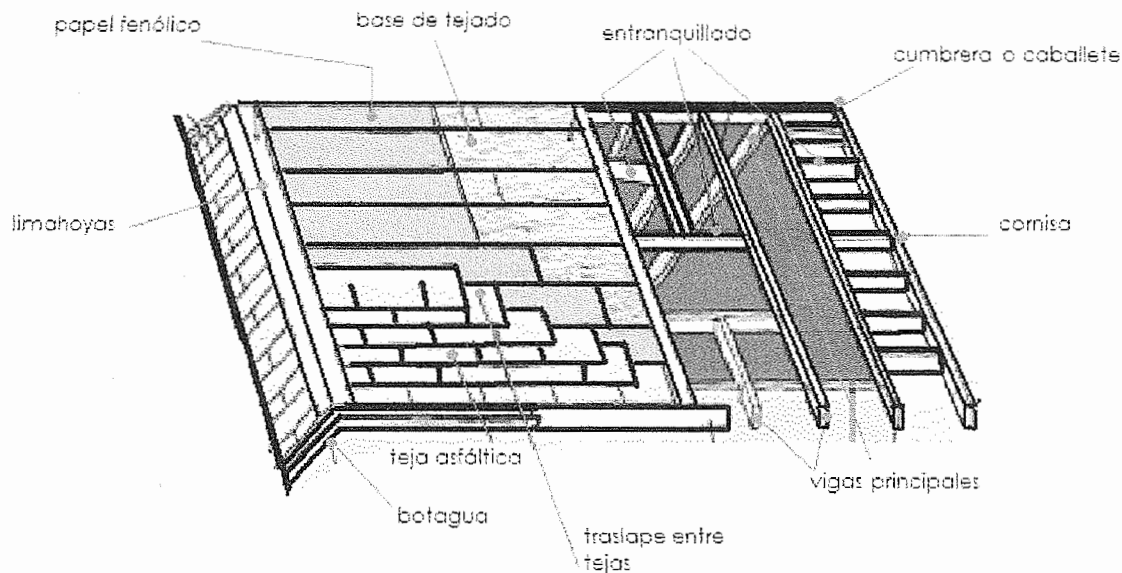
## **2.2 Técnicas de cálculo útiles y consideraciones generales para el cálculo de tejado**

### **2.2.1 Anatomía de un techo**

Para el cálculo de tejado se debe conocer la anatomía de un techo, es decir, las partes que lo componen, ya que de esto dependerán la cantidad de material a utilizar.

En la figura 10 se muestran las partes principales de un techo, pero es importante saber que un techo puede tener partes especiales según los requerimientos de clima, condiciones de ocupación del edificio, arquitectura y diseño del techo, así como de reglamentos de construcción propios de la región en donde se implemente un sistema de cubierta de techo.

Figura 10. Anatomía de un techo



A continuación se describen las partes principales que componen una cubierta de techo con teja asfáltica

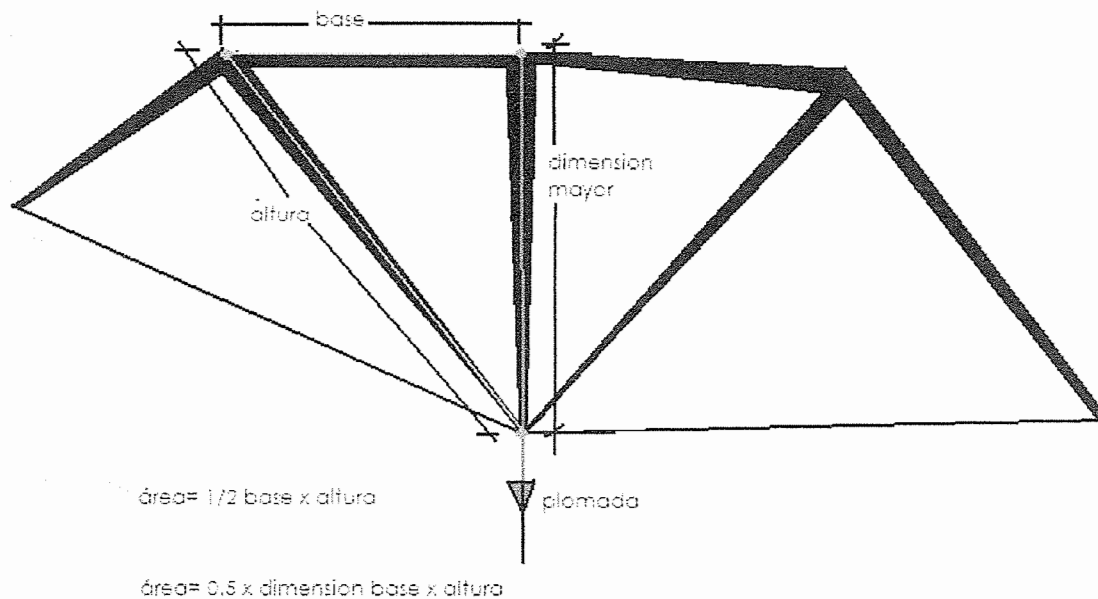
- Vigas: elementos estructurales que darán sustentación al techo, generalmente estarán sometidos a solicitudes de flexión y corte.
- Entranquillado: se llama así al conjunto de elementos estructurales que funcionaran como conexión entre vigas principales y darán soporte a la base del tejado.
- Base del tejado: Es también llamado contra piso o piso base del tejado, estará compuesto de un material cuya base es la madera; comercialmente se encuentra disponible en "planchas" rectangulares en dimensiones diversas según sea el fabricante, siendo generalmente de 4 x 8 pies (1.22 x 2.44 m). Estas pueden ser aglomerado de madera OSB, plywood fenólico, plywood laqueado, entre otros.

- Papel fenólico: es también llamado fieltro, y es un material fibroso, impregnado con asfalto, que se utiliza como protector de piso base del tejado.
- Lima hoyas: se llama limahoyas al ángulo interno formado por la intersección de dos planos del techo inclinados.
- Botagua o reborde de escurrimiento: se le da este nombre al accesorio que se coloca en el final de la cornisa y que sirva para conducir el agua del final del techo y evita que ésta se filtre por debajo de las tejas.
- Cornisa: se llama así al voladizo, que se construye como alero o sombra en un techo; sostenido por el entranquillado y las vigas principales.
- Cumbre: También es denominado caballete, es la parte superior formada por la intersección de dos aguas o vertientes inclinadas del techo.
- Traslape entre tejas: es la mínima distancia requerida en la que se superpondrá la teja asfáltica siguiente al momento de instalarlas. Esta distancia varía según el tipo de teja asfáltica, generalmente será igual al ancho de una de las lengüetas de la teja.

### **2.2.2 Estimación de dimensiones**

Lo más efectivo es la medición directa de la base o estructura de techo que soportará el tejado; ya que muchas veces pueden existir techos con formas especiales o que dificulten visualizar el área a calcular. Para esto podrán emplearse herramientas sencillas como plomadas y cintas métricas que permitirán tener datos reales para el cálculo de las cantidades de tejas a emplear, como se muestra en la figura 11.

Figura 11. Medición directa de dimensiones de tejado



Con el hilo de la plomada podrán medirse dimensiones inclinadas no importando la forma que el tejado posea. Lo más aconsejable es reducir las áreas de tejado a figuras triangulares conocidas, que sean fáciles de calcular.

### 2.2.3 Cálculo de residuos

La cantidad total de tejas estará en función del método de instalación y del estilo de teja a implementar; a pesar de esto, la cantidad total de tejas que se necesita para tejar un techo debe incluir consideraciones como:

- Las secciones de uniones de vertientes y cumbre
- Los residuos de corte en cornisas y limas
- Los residuos debidos a errores humanos de instalación

Para el cálculo de residuos o desperdicios, muchos fabricantes recomiendan sumar el 10% a la cantidad de tejas necesarias para techos de dos vertientes, y el 15% para un tejado a cuatro vertientes.

La tabla II permite tener parámetros para el cálculo más exacto de residuos de tejas, ya que esta en función del tamaño del tejado.

**Tabla II. Porcentaje aproximado que se debe usar para residuos**

Área en pies cuadrados (m <sup>2</sup> )	Factor de residuo de tejado a dos vertientes	Factor de residuo de tejado a cuatro vertientes
600 (55.7)	1.08	1.17
1200 (111.4)	1.06	1.13
1500 (139.3)	1.05	1.11
2000 (185.8)	1.044	1.09
3200 (297.2)	1.03	1.08

Fuente: *Certain Teed. Master shingle applicator. Pág.30*

Entonces, por ejemplo, para un tejado a cuatro vertientes que tenga un área aproximada de 110 m<sup>2</sup>, utilizaremos un 13% más, esto es:

Área calculada: 110 m<sup>2</sup>

Área a considerar: 110 x 1.13= 124.3 m<sup>2</sup>

Según la arquitectura del techo es importante considerar factores de desperdicio y o sobrantes utilizables que resultan del corte y colocación del tejado. Las tejas iniciales en cada tramo deben tomarse en cuenta también, ya que debe restarse aproximadamente 1 pulgada que servirá como pestaña bajo la cual estará colocada el botagua.

En la tabla III se muestra una tabla con los factores recomendados a utilizar para tejas de 3 lengüetas.

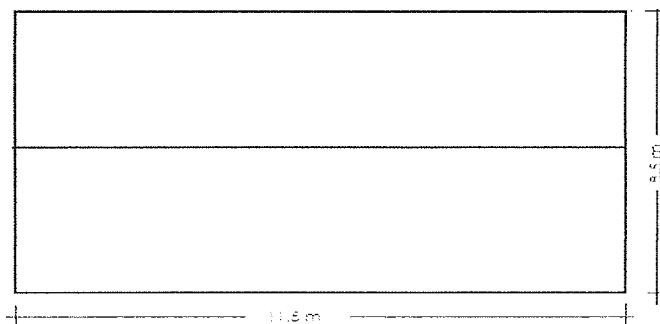
**Tabla III Factores de residuo o desperdicio**

TIPO	FACTOR DE RESIDUOS	FACTOR DE RECUPERACION
CORNISA	0.3	1.0
BOTAGUA	0.7	0.5
LIMAHOYA	1.5	2.0

Fuente: *Certain Teed. Master shingle applicator. Pág.30*

### 2.3 Ejemplo de cálculo de tejado en un techo a dos vertientes

Realice una estimación de tejado para el techo de dos vertientes que se muestra a continuación, si se sabe que posee un factor de subida o pendiente de 6 pulgadas por pie:



#### 2.3.1 Cálculo del área a techar

Como se tiene una vista en planta el área a calcular será:

Área de tejado= largo x ancho x factor de pendiente



Área de tejado=  $11.5 \text{ m} \times 8.5 \text{ m} \times 1.118 = 109.29 \text{ m}^2$

Área adicional=  $109.29 \times 1.06 = 115.85 \text{ m}^2$

Para cubrir el área a techar, necesitaremos entonces aproximadamente  $116 \text{ m}^2$  de teja asfáltica.

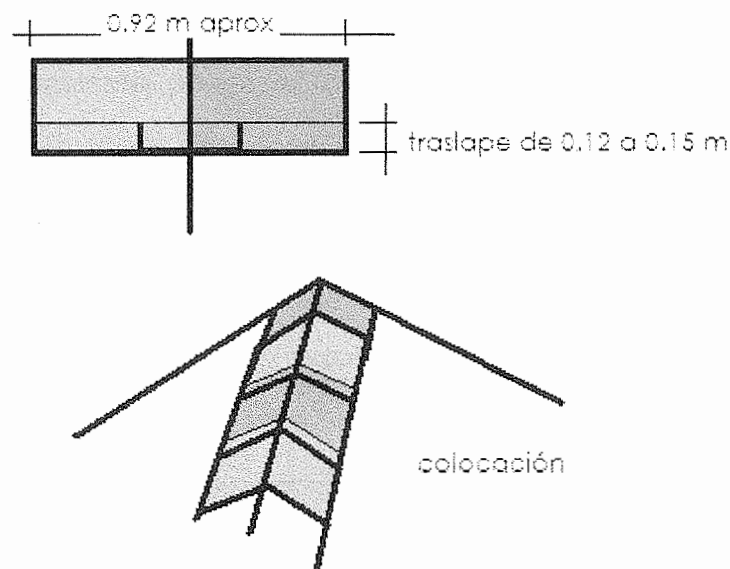
### 2.3.2. Cálculo de cumbrera

Tomando la vista en planta del ejemplo, podemos darnos cuenta que la cumbrera tiene un largo igual al largo del techo, es decir,  $11.5 \text{ m}$ . Una teja estándar tiene aproximadamente  $0.92 \text{ m}$  de largo  $\times$   $0.34 \text{ m}$  de ancho, y para la cumbrera se colocaran en forma transversal cortadas a la mitad ( $0.46 \text{ m}$  aprox), con traslapes de aproximadamente  $0.15 \text{ m}$ , como se muestra en la figura 12; por lo que el total de tejas será

Material para la cumbrera=  $(\text{largo de la cumbrera} / 0.15) / 2$

Para el ejemplo: Material para la cornisa=  $(11.5/0.15) / 2 = 38.33 \text{ m}^2$  aproximadamente.

Figura 12. Forma de colocar las tejas en la cumbrera.



### 2.3.3 Cálculo de material para la cornisa

Como en planta no aparece delimitada la cornisa, aplicaremos un factor de residuo igual a 0.3, para la teja que va en el extremo de la cornisa la cual debe quedar salida por lo menos 1 pulgada y se le dará un traslape de 20 cm aproximadamente.

Entonces el material para la cornisa será:

Material para cornisa= Longitud total de cornisa x 0.3

Material para cornisa=  $(8.5 + 8.5) \times 0.3 = 5.1 \text{ m}^2$  adicionales

### 2.3.4 Cálculo de accesorios básicos

- Cálculo de papel fenólico o fieltro

Por tratarse de un techo de 2 vertientes, la cantidad de  $\text{m}^2$  de papel fenólico a emplear será igual a la de área de tejado a colocar. Con fines de ilustrar serán  $116 \text{ m}^2$  de papel los que se utilizarán.

- Cálculo de Botagua o reborde de escurrimiento

El botagua se colocará en todo el perímetro del tejado, afectado por un factor de desperdicio; por lo que la cantidad de botagua para el ejemplo será:

Perímetro de techo x factor de pendiente =  $(8.5 + 11.5 + 8.5 + 11.5) \times 1.118 = 44.72 \text{ m}$  lineales de botagua

Cantidad de botagua=  $44.72 \times (1 + \text{factor de recuperación} - \text{factor de desperdicio})$

Cantidad de botagua=  $44.72 \times (1 + 0.7 - 0.5) = 53.64 \text{ m}$  lineales.

### 2.3.5 Cantidad total de materiales necesarios

La cantidad total de tejado será entonces

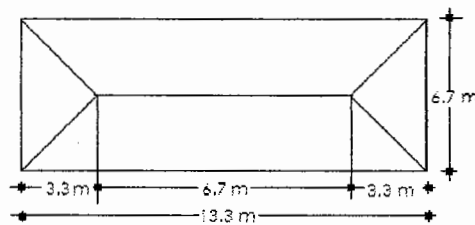
Material necesario para cubrir el área de techo + material de cumbrera + material de cornisa; esto es:

Cantidad de material para tejado =  $116 + 38.33 + 5.1 = 159.43 \text{ m}^2$  de teja asfáltica

Para lo cual se requerirá  $116 \text{ m}^2$  de papel fenólico y  $53.64 \text{ m}$  lineales de botagua.

### 2.4 Ejemplo del cálculo de tejado en un techo a cuatro vertientes

Considere un techo a cuatro vertientes, convencional, con una pendiente 5/12, como el que se muestra a continuación:



#### 2.4.1 Cálculo del área a techar

Como se cuenta con una vista en planta el área a calcular será:

Área de tejado= longitud total del techo x ancho x factor de pendiente

$$\text{Área de tejado} = (3.3 + 6.7 + 3.3) \times 6.7 \times 1.083 = 96.50 \text{ m}^2$$

$$\text{Área adicional} = 96.50 \times 1.13 = 109.05 \text{ m}^2$$

Para cubrir el área a techar, necesitaremos entonces aproximadamente  $109 \text{ m}^2$  de teja asfáltica.

### 2.4.2. Cálculo de cumbrera

Para un techo a cuatro vertientes deberemos aplicar geometría para poder determinar la longitud de la cumbrera.

Conocemos que la longitud b es igual a 3.3 m, y que forma un triángulo que tiene una altura de 6.7m / 2, es decir, aproximadamente 3.35, entonces, la longitud de una de las cumbreras inclinadas será:

$$\text{Longitud de cumbrera inclinada} = \sqrt{[b]^2 + [A/2]^2}$$

$$\text{Longitud de cumbrera inclinada} = \sqrt{3.3^2 + 3.35^2} = 4.7 \text{ m}$$

O bien podemos utilizar los factores de la tabla IV para calcular la cumbrera, multiplicándolos por la longitud "b", lo cual nos dará un cálculo bastante aproximado de la longitud, en función de la pendiente del techo.

**Tabla IV. Factores para calcular longitud de cumbreras en techos de cuatro vertientes**

Subida o factor de pendiente en pulgadas/pie (mm/m)	Factor para longitud de cumbrera
4 (101.6)	1.452
5 (127)	1.474
6 (152.4)	1.500
7 (177.8)	1.524
8 (203.2)	1.564
9 (228.6)	1.600
10 (254)	1.642
11 (279.4)	1.684
12 (304.8)	1.732

Fuente: *Certain Teed. Master shingle applicator. Pág.33*

Si se utiliza la tabla IV, la longitud de una de las cumbresas inclinadas sería:

Longitud de cumbresa inclinada=  $3.3 \times 1.474 = 4.8$ , lo que es muy cercano al valor calculado por geometría.

Según la figura, se sabe que existen cuatro cumbresas inclinadas y una recta, entonces el material total será:

Total cumbresa=  $\{[(4 \times \text{long. de cumbresa inclinada}) + \text{longitud de cumbresa recta}]/0.15\} / 2$

Total cumbresa=  $\{[(4 \times 4.8) + 6.7] / 0.15\} / 2 = 86.33 \text{ m}^2$  de teja

### **2.4.3 Cálculo de material para la cornisa**

Se sabe que la cornisa, por ser un techo de cuatro vertientes, se encuentra en todo el perímetro del tejado; aplicaremos un factor de residuo igual a 0.3.

Entonces, el material para la cornisa será:

Material para cornisa= Longitud total de cornisa  $\times$  0.3

Material para cornisa=  $(13.3+6.7+13.3+6.7) \times 0.3 = 11.94 \text{ m}^2$  adicionales

### **2.4.4 Cálculo de accesorios básicos**

- Cálculo del Papel fenólico o fieltro

Por tratarse de un techo de 4 vertientes convencional, es decir, con la misma pendiente en el sentido vertical y horizontal, la cantidad de  $\text{m}^2$  de papel fenólico a emplear será igual a la de área de tejado a colocar. Para nuestro ejemplo serán  $109 \text{ m}^2$  de papel los que se utilizarán.

- Cálculo del reborde de escurrimiento

El botagua se colocará en todo el perímetro del tejado, afectado por un factor de desperdicio; por lo que la cantidad de botagua para el ejemplo será:

Perímetro de techo =  $(13.3+6.7+13.3+6.7) = 40.0$  m lineales

Cantidad de botagua =  $40 \text{ m} \times (1 + \text{factor de recuperación} - \text{factor de desperdicio})$

Cantidad de botagua =  $40.0 \times (1 + 0.7 - 0.5) = 48$  m lineales.

#### **2.4.5 Cantidad total de materiales necesarios**

La cantidad total de tejado será entonces:

Material necesario para cubrir el área de techo + material de cumbrera + material de cornisa; esto es:

Cantidad de material para tejado =  $109.05 + 86.33 + 11.94 = 207.32 \text{ m}^2$  de teja asfáltica

Para lo cual requeriremos  $109 \text{ m}^2$  de papel fenólico y  $48.0$  m lineales de botagua.

### 3. DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS MÍNIMOS Y ESPECIFICACIONES PARA TEJAS ASFÁLTICAS

#### 3.1 Descripción de la prueba estándar de inspección para determinar las características físicas de tejas asfálticas (ASTM D 3462 – 03a)

Esta norma es aplicable a tejas asfálticas hechas con granos minerales, básicamente describe requerimientos físicos con los que deben cumplir las tejas para poder tener un control de calidad en las tejas previo a la instalación.

Los valores de los requerimientos físicos mínimos y máximos con los que deben cumplir las tejas, deben ser los especificados en la tabla I de la página 02 de esta norma.

Los valores de las dimensiones, masas y posibles variaciones permitidas, se describen en la tabla siguiente:

Tabla V. Requerimientos físicos para tejas asfálticas, según norma ASTM D 3462-03 a

TABLE 1 Physical Requirements of Asphalt Shingles Made from Glass Felt		
	max	min
<i>Behavior on heating:</i>		
Loss of volatile matter, %	1.5	...
Sliding of granular surfacing, mm (in.)	2 (1/8)	...
Tear strength, g	...	16.7 N (1700)
Fastener pull-through resistance at 23 ± 2°C (73 ± 4°F), newtons (lbf)		
Single-layer product	...	90 (20)
Multi-layer product	...	135 (30)
Fastener pull-through resistance at 0 ± 2°C (32 ± 4°F), newtons (lbf)		
Single-layer product	...	104 (23)
Multi-layer product	...	180 (40)
Wind resistance	...	pass
Fire resistance	...	Class A
Penetration of asphalt, 0.1 mm <sup>A</sup> (tested without mineral stabilizer)	...	15
Pliability at 23 ± 2°C (73 ± 4°F)		
Weather side up machine direction	...	4 of 5 shall pass
Weather side up cross direction	...	4 of 5 shall pass
Weather side down machine direction	...	4 of 5 shall pass
Weather side down cross direction	...	4 of 5 shall pass
Asphalt softening point, °C (°F) <sup>A</sup> (tested without mineral stabilizer)	113 (235)	...
Compatibility of factory-applied, self-sealing adhesive and asphaltic coating at 66°C (150°F), mm <sup>A</sup>	0.5	88 (190)
Weight of displaced granules	1.0 g	...

<sup>A</sup> The requirements are to be tested for by the manufacturer of the shingles. They cannot be determined on the finished product.

Los valores de las dimensiones, masas y posibles variaciones permitidas, se describen en la tabla que se muestra a continuación:

**Tabla VI. Masas para tejas asfálticas según norma ASTM D 3462 – 03 a**



**TABLE 2 Masses of Asphalt Shingles Made from Glass Felt**

	max	min
Minimum net mass per area of shingles (individual bundle), g/m <sup>2</sup> (lb/100 ft <sup>2</sup> )	...	3418 (70.0)
Average net mass per area of shingles (total sample), g/m <sup>2</sup> (lb/100 ft <sup>2</sup> )	...	3564 (73.0)
Mass per area of mat, g/m <sup>2</sup> (lb/100 ft <sup>2</sup> )	...	65.9 (1.35)
Mass per area of asphalt, g/m <sup>2</sup> (lb/100 ft <sup>2</sup> )	...	732 (15.0)
Mass per area of mineral matter passing a No. 6 (3.35-mm) sieve and retained on a No. 70 (212- $\mu$ m) sieve, g/m <sup>2</sup> (lb/100 ft <sup>2</sup> )	...	1221 (25.0)
Mass percent of mineral matter passing a No. 70 (212- $\mu$ m) sieve based on the total asphalt and mineral matter passing the No. 70 (212- $\mu$ m) sieve	70.0	...

Fuente: ASTM. **ASTM D 3462-03<sup>a</sup>**. Pág. 158

Algunas de las características físicas a evaluar, son:

- Grosor del material granular
- Resistencia a la penetración ( en conjunto con la norma ASTM D5 Método para determinar la penetración en productos de asfalto))
- Resistencia al fuego ( acompañada de norma ASTM E 108 Método para determinar la resistencia al fuego, clase A)
- Peso de los gránulos que se disgreguen
- Masa por área de material
- Masa por área de asfalto
- Masa que pasa el tamiz No. 6, y que quede retenida en el tamiz No. 70
- Porcentaje de la masa de los gránulos minerales que pasen el tamiz No.70



Dentro de la norma se incluye la descripción de un método para someter las tejas asfálticas a una prueba a tensión. Se dan indicaciones sobre dimensiones, anclajes y forma de aplicación de la carga.

Al finalizar la inspección se deben reportar las características tanto medibles, como descriptibles que se solicitan en las tablas I y II, repitiendo las mediciones y observaciones con un resultado de por lo menos el 95% de los valores especificados en la norma.

### **3.2 Descripción del método estándar para la determinación de la resistencia mecánica al levantado (ASTM D 6381 – 03b)**

Esta norma describe la forma en la cual puede hacerse una prueba mecánica que determine la resistencia que ofrece la teja asfáltica al levantado producido por el viento, esto es, sino se posee un generador de viento.

Debido a que hay diversos tipos de tejas, como los descritos en el capítulo uno, el hacer los paneles de pruebas con ciertos tipos de tejas, resulta un poco dificultoso, por lo que esta prueba facilita el poder evaluar el desempeño de la teja asfáltica así como del cemento de contacto que se pretenda utilizar.

Para el desarrollo de esta prueba, se seleccionaran las tejas a ensayar, según el método de muestreo descrito en la norma ASTM D228 Métodos de muestreo, prueba y análisis para materiales utilizados en cubiertas de techo a base de asfalto; y deberán registrarse de cada teja los siguientes parámetros:

La geometría de la teja (dimensiones y área).

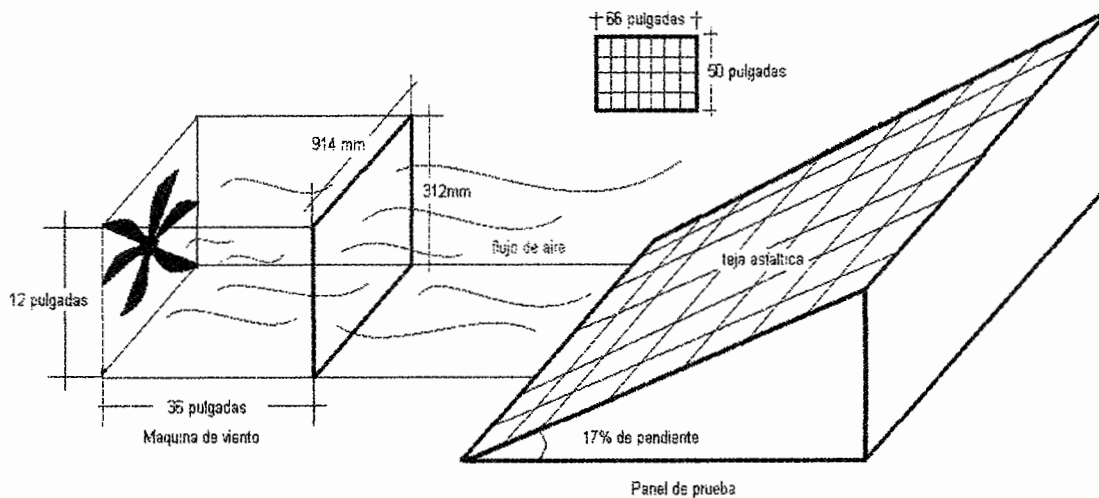
El calibre de la teja (grosor medido con vernier).

Esta norma es de gran utilidad y proporciona un modelo que se puede adaptar a una maquina de ensayos universal para pruebas de resistencia enfocadas a tejas asfálticas.

### 3.3 Descripción de la prueba estándar para determinar la resistencia al viento de la teja asfáltica, utilizando un generador de viento (ASTM D 3161 – 03b)

Esta norma detalla un método estándar para medir la resistencia al viento de tejas asfálticas. Lo que pretende es utilizar una máquina capaz de inducir vientos a alta velocidad provocando el desgarre de las tejas, como se muestra en la figura siguiente:

**Figura 13. Equipo de prueba estándar para determinar la resistencia al viento de la teja asfáltica, utilizando un generador de viento (ASTM D 3161 – 03b)**



Esta prueba es usada para determinar la resistencia al levantamiento producido por la acción del viento sobre las tejas asfálticas a distintas velocidades, dada en el sistema internacional de medidas.

Esta norma hace referencia a las distintas tejas asfálticas a las cuales es aplicable, separándolas en dos tipos y tres clases, como se define a continuación:

Tipo 1: tejas asfálticas manufacturadas con un autoadhesivo

Tipo 2: tejas asfálticas que utilizan algún tipo de sujeción mecánica.

Clase A: tejas asfálticas que resisten velocidades de 97km/h (60mph).

Clase D: tejas asfálticas que resisten velocidades de 145km/h (90mph).

Clase F: tejas asfálticas que resisten velocidades de 177km/h (110mph).

Para realizar esta prueba se utiliza una maquina que genera vientos mayores a los 97km/h que pasan por una abertura de 914mm x 305mm durante un tiempo de 2 horas. Se debe construir un panel de 1.27m (50inch.) x 1.68m(66inch.) y colocarlo en el lugar de pruebas con una pendiente de al menos 17%.

La carga de viento debe aplicarse primero en dirección paralela a el panel de prueba, luego de esto debe rotarse en un ángulo de 30° y luego en un ángulo de 60°, dando como aceptada la prueba sino se producen desgarres, levantamientos de las tejas, o desconexiones entre estas.

Como resultados se deberá reportar:

La velocidad mantenida durante el ensayo.

El tiempo total que duró la prueba.

La correspondiente clasificación de la teja según la velocidad soportada.

Si el espécimen no soportara la carga de viento, deberá reportarse:

La velocidad a la cual se produjo alguna falla.

El tiempo en el cual apareció la primera falla.

La forma de la falla.

Fotografías tomadas inmediatamente después que se produzca la falla.

### **3.4 Otras normas y requerimientos para tejas asfálticas**

Existen otras pruebas relacionadas a las tejas asfálticas y a su interacción con agentes de distinta clase como el ambiente, agentes químicos, interacción con adhesivos, entre otras.

Algunas de estas normas son:

ASTM D 1079 – Terminología relacionada con cubiertas de techo, impermeabilizantes y materiales bituminosos.

ASTM D 1370 – Método de análisis de compatibilidad entre materiales asfálticos.

ASTM D 4977 – Método de prueba de adherencia por abrasión entre gránulos minerales y superficie de teja asfáltica.

ASTM D 4586 – Método de evaluación de cementos asfálticos.

ASTM D 1970 – Evaluación de impermeabilizantes para tejas asfálticas.

## **4. MÉTODOS DE INSTALACIÓN DE TEJAS ASFÁLTICAS**

### **4.1 Consideraciones generales para la instalación de tejas asfálticas**

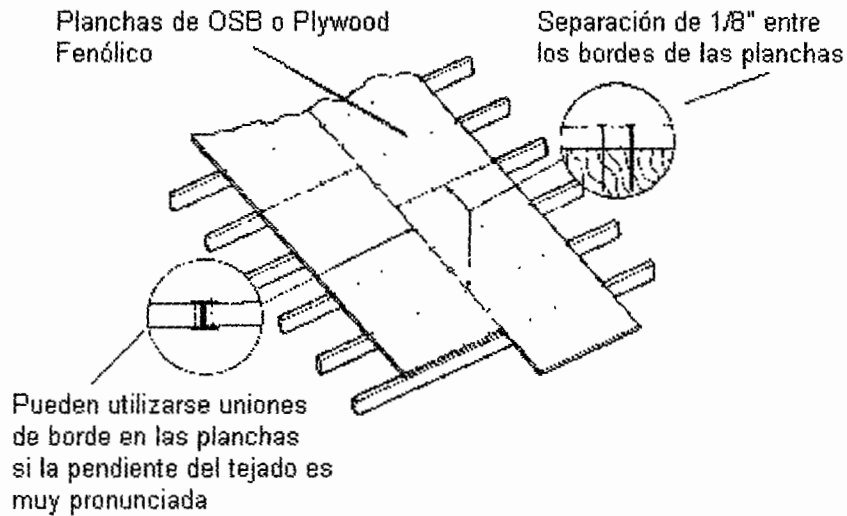
#### **4.1.1 Consideraciones generales sobre el piso base**

Un piso de base es la superficie estructural sobre la cual se coloca la cubierta de techo, es decir, el papel fenólico, la teja asfáltica y demás accesorios. El piso de base debe ser una superficie estable, lisa y sólida que permita que las tejas se sujeten firmemente. El piso de base debe tener la resistencia suficiente para:

- Sostener los materiales de techado y a los instaladores de los mismos.
- Resistir sin peligro cargas de impacto, equivalente a una pila de veinte tejas.
- Sostener cargas uniformemente distribuidas, como por ejemplo nieve pesada.
- Proporcionar resistencia a la fuerza del viento.
- Capacidad para sujetar fijaciones mecánicas como tachuelones y clavos.

Un piso de base de contrachapado, debe construirse con planchas de por lo menos 7/16" (11mm) de grosor, cuando se trate de OSB, OSB/WB O PLYWOOD FENÓLICO, instalado como se muestra en la figura 14.

**Figura 14. Colocación de piso base**



Fuente: *Certain teed. Master Shingle Aplicator*. Pág. 36

#### **4.1.2 Consideraciones generales sobre contra piso para tejas asfálticas**

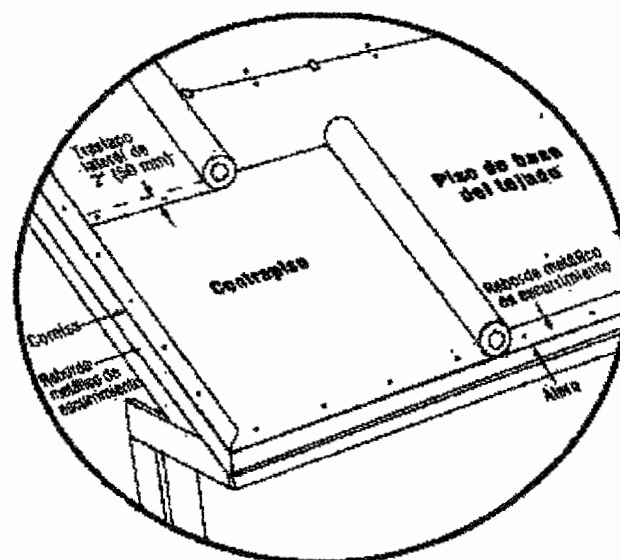
El contrapiso es un material colocado sobre el piso base, resistente al agua, de efecto impermeabilizante, compuesto de fieltro con distintos niveles de saturación de asfalto, que brinda una barrera protectora contra los elementos del clima; y será instalado como se muestra en la figura 15.

A menor pendiente del tejado, más importante es el contrapiso, ya que el agua fluye con mayor facilidad por debajo de las tejas asfálticas en pendientes poco pronunciadas. Existen distintas clases de contrapiso, siendo clasificados en dos grupos, el No. 15, para tejas asfálticas estándar, y el No. 30 para tejas pesadas.

Para tejas asfálticas estándar, se pueden encontrar los siguientes tipos de contrapiso:

- **Contrapiso tipo I y II:** esta clasificación constituye la especificación estándar para contrapiso de fieltro orgánico saturado de asfaltos que cumple con las características determinadas en la norma ASTM D (4869 Especificaciones estándar para fieltro orgánico saturado de asfalto utilizado en cubiertas de techo), la cual da esta clasificación.
- **Contrapiso de alto rendimiento:** este se compone de un fieltro orgánico saturado de asfalto reforzado con fibra de vidrio. Tiene una clasificación UL, y cumple con la norma ASTM D 6757 (Especificaciones estándar para fieltro con fibras inorgánicas saturadas con asfalto utilizado en cubiertas de techo), supera las características de la norma ASTM D 4869 (Especificaciones estándar para fieltro orgánico saturado de asfalto utilizado en cubiertas de techo), y cumple con los requisitos de la norma ASTM D 226 (Especificaciones estándar para fieltro saturado de asfalto utilizado para impermeabilización de base para techos).

**Figura 15. Colocación de contrapiso**



Fuente: *Certain teed. Master Shingle Applicator*. Pág. 46

### **4.1.3 Consideraciones generales para la sujeción de tejas asfálticas**

La colocación correcta de las fijaciones, es importante para el rendimiento de la teja y la protección de la base sobre la que se instale. Es de vital importancia que los sujetadores se coloquen de acuerdo a las ubicaciones específicas que el fabricante indica para cada tipo de teja, por ejemplo, una teja de tres lengüetas requiere que se utilicen por lo menos cuatro sujetadores.

Es preferible el uso de tachuelones en vez de grapas, teniendo en cuenta que las tejas mal sujetas pueden desprenderse; estos deberán estar elaborados de material que no resulte afectado por la corrosión, por ejemplo, acero galvanizado de doble inmersión, aluminio, cobre o acero inoxidable.

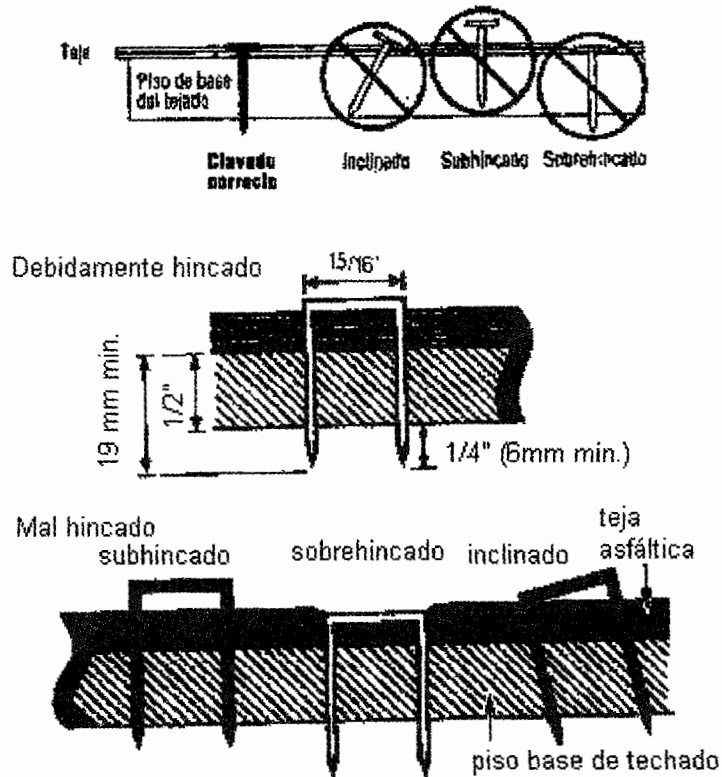
Los sujetadores (tachuelones o grapas), nunca deberán entrar en las tiras autoadhesivas, situarse por encima de ellas, ni entre ellas. Si esto pasa, las tejas no sellarán correctamente, siendo más probable el desprendimiento por viento o posibles filtraciones de agua.

Las grapas pueden dar un rendimiento aceptable si se instalan correctamente, pero la alineación e instalación resulta más difícil con grapas que con clavos. Estas deben ser como mínimo de un calibre nominal No. 16 (0.0625" o 1.5mm), y de un ancho mínimo de 15/16" o 25mm.

La correcta forma de instalación de las fijaciones se muestran en la figura 16, tanto para tachuelones como para grapas.



**Figura 16. Colocación correcta de fijaciones**



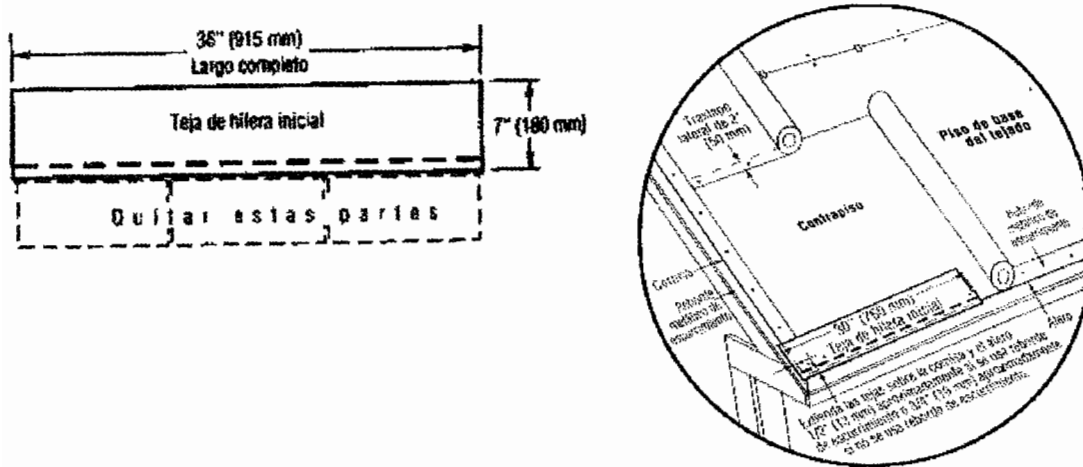
Fuente: *Certain teed. Master Shingle Applicator*. Pág. 86

## 4.2 Método 1: Instalación escalonada en diagonal con recortes incrementales de seis pulgadas por seis hileras “seis por seis”.

### 4.2.1 Descripción del método “seis por seis”

- a. Deben recortarse las lengüetas inferiores de las tejas asfálticas, como se muestra en la figura 17, dejando como teja de hilera inicial la parte superior de la misma lo más cercano posible del borde del tejado.

Figura 17. Colocación de teja en hilera inicial

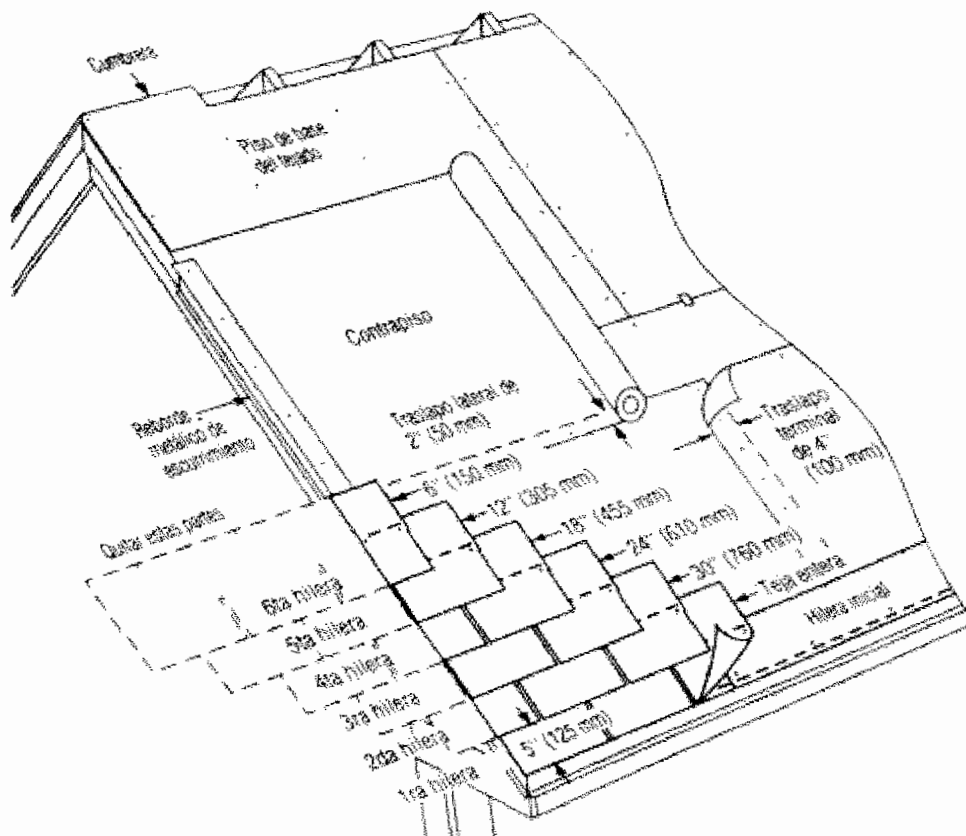


Fuente: *Certain teed. Master Shingle Applicator*. Pág. 109

- b. Debe recortarse 6" (150mm), del largo de la primera teja de la hilera inicial. Esta teja debe instalarse en la esquina inferior izquierda del tejado. Debe asegurarse, que sobresalga ½" (13mm) de ambas cornisas y bordes, para que permita el escurrimiento. Debe continuarse de esta forma a lo largo del borde de la cornisa.
- c. Para la primera hilera de tejas enteras, se debe instalar una teja en la parte inferior izquierda del tejado, colocando las lengüetas de la misma a ras con los bordes de la hilera inicial. De esta manera, el adhesivo en la tira inicial sellara y adherirá a las lengüetas de la primera hilera lo que ayudará a evitar que se levanten con un viento fuerte.
- d. Para las hileras siguientes, se deben recortar 6" del lado izquierdo de una teja sobre y por encima de la teja de la primera hilera, alineada con el borde izquierdo de la hilera inicial, dejando expuestas 5"(125mm), de las lengüetas de la teja, como se muestra en la figura 18.

e. Recortar 12" (305mm) de la primera teja de la tercera hilera, 18" (455mm) de la primera teja de la cuarta hilera, 24" (610mm) de la primera teja de la quinta hilera y 30" (760mm) de la primera teja de la sexta hilera. Todas las anteriores, instaladas, asegurándose que cada teja quede alineada con el borde izquierdo de la hilera anterior. Como se muestra en la figura 18.

**Figura 18. Instalación de Primeras seis hileras de teja asfáltica con recortes incrementales de seis pulgadas.**

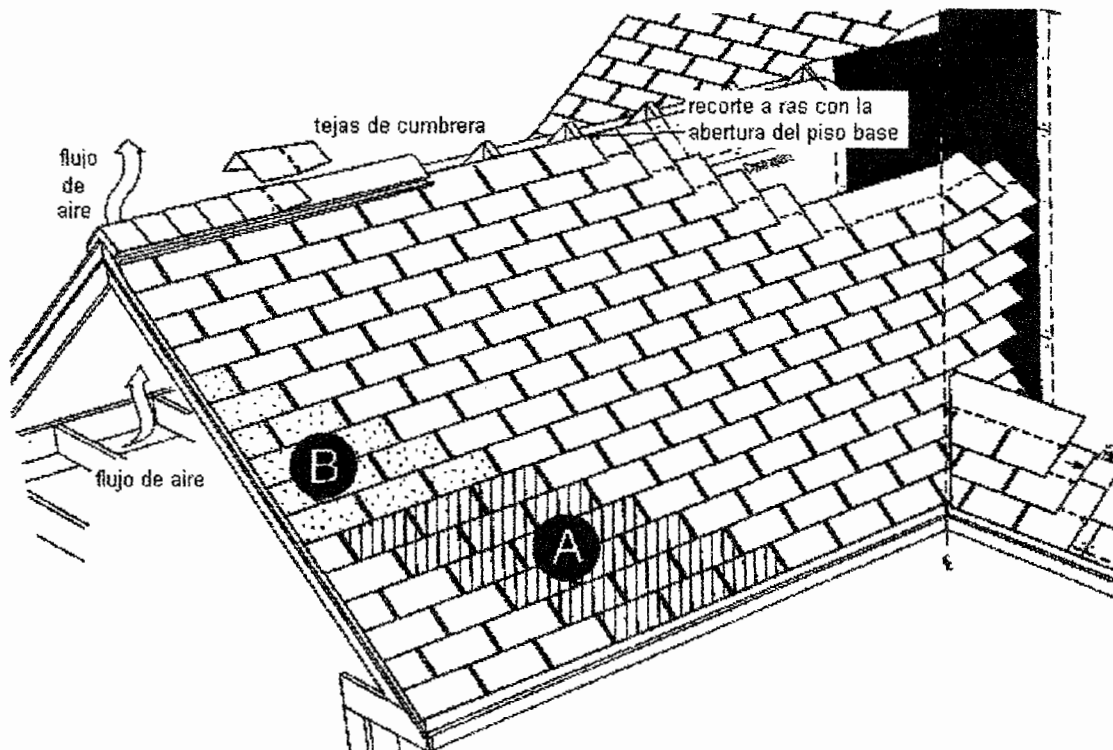


Fuente: *Certain teed. Master Shingle Applicator. Pág. 109*

f. Instalar tejas enteras a ras contra las seis hileras instaladas como lo muestra la figura 19 en el patrón A.

g. Para las hileras sucesivas, a medida que se avanza por la cornisa, debe repetirse el mismo patrón usado para las primeras seis hileras, como lo muestra la figura 19 en el patrón "B".

**Figura 19. Forma de colocación del resto de hileras con el método "seis por seis"**



Fuente: *Certain teed. Master Shingle Applicator. Pág. 110*

#### **4.2.2 Integración de renglones y costos por renglón del método "seis por seis"**

Los renglones a considerar para la instalación de tejas asfálticas en este método serán:

- Material de piso base
- Material de contrapiso

- Tejas
- Fijaciones
- Cemento asfáltico
- Mano de obra

La integración de costos se detallará de la siguiente forma:

REGLÓN	UNIDAD
Material de piso base	Quetzales por metro cuadrado (Q./m <sup>2</sup> )
Material de contrapiso	Quetzales por metro cuadrado (Q./m <sup>2</sup> )
Teja asfáltica	Quetzales por metro cuadrado (Q./m <sup>2</sup> )
Fijaciones	Quetzales por metro cuadrado (Q./m <sup>2</sup> )
Cemento asfáltico	Quetzales por metro cuadrado (Q./m <sup>2</sup> )
Mano de obra	Quetzales por metro cuadrado (Q./m <sup>2</sup> )

- **Material de piso base:** Se utilizará para todos los métodos de instalación igual piso base. Consideraremos que se instalarán planchas de OSB, de un grosor de ¾" (tres cuartos de pulgada).

Las planchas de OSB se comercializan generalmente con dimensiones de 4 x 8 pies, es decir, 1.22 x 2.44 m.

El costo aproximado de una plancha de OSB es de Q510.00, por lo que si dividimos este precio dentro de la cantidad de metros cuadrados que cubre una plancha, obtendremos el costo por metro cuadrado de material de piso base, de la siguiente forma:

Metros cuadrados que se cubren con una plancha de piso base=  $1.22 \times 2.44 = 2.97\text{m}^2$

Precio por plancha de piso base= Q. 510.00 (instalada)

Precio por metro cuadrado=  $Q.510.00 / 2.97 \text{ m}^2 = 171.71 \text{ Q/ m}^2$

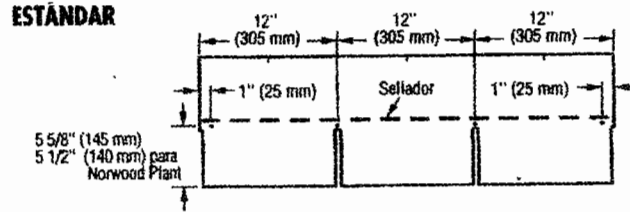
- **Material de contrapiso:** Se utilizará para todos los métodos de instalación igual contrapiso. Consideraremos que se instalará papel fenólico clase No. 15 (para tejas estándar), tipo I.

La presentación del material de contrapiso generalmente es en rollos que cubren  $40\text{m}^2$ . El costo de cada rollo de papel fenólico es de aproximadamente Q.900.00.

El costo por metro cuadrado de material de contrapiso será  $Q.900/40\text{m}^2 = 22.5 \text{ Q/ m}^2$

- **Tejas asfáltica:** Se utilizará para todos los métodos la suposición de que se instalarán tejas estándar de 36" de largo con lengüetas de 5 5/8" (figura 20).

Figura 20. Teja asfáltica estándar

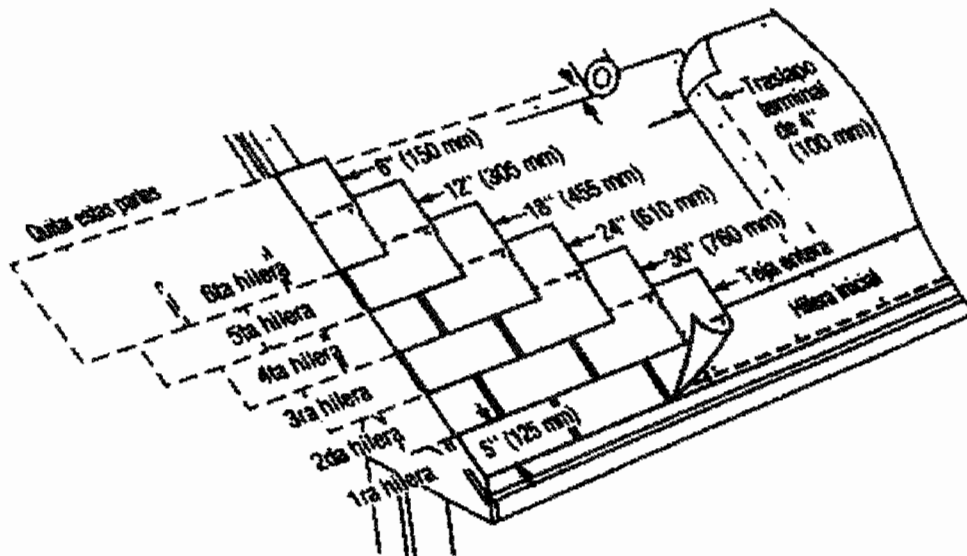


Fuente: *Certain teed. Master Shingle Applicator.* Pág. 108

Para el método seis por seis, calcularemos la cantidad de tejas a utilizar de la siguiente forma:

Como se observa en la figura 21, al instalar las tejas con el método seis por seis, cubriremos un área de 36" x 33 3/4" con las primeras seis hileras de teja, es decir, un área de 0.91m x 0.86 m.

Figura 21. Cantidad de tejas a usar por metro cuadrado en el método "seis por seis"



Fuente: *Certain teed. Master Shingle Applicator.* Pág. 109

De la figura 17 sabemos que los recortes hechos a las tejas nos servirán para complementar el patrón de instalación, aun así, si deseamos cubrir un metro cuadrado, nos haría falta una teja más en el extremo superior, ya que por cada hilera de teja que se coloca solo incrementamos  $5 \frac{5}{8}$ " (14.2cm) de altura; esta teja se convertirá en la primera teja del siguiente patrón "seis por seis".

Del mismo modo, harían falta  $3 \frac{1}{2}$ " en longitud de teja, por lo que si se contabilizan las tejas notaremos que necesitamos aproximadamente  $24$ " más, lo que se traduce en  $\frac{3}{4}$  de una teja.

Entonces, para un metro cuadrado de techado con el método seis por seis tenemos que se necesitan 6 tejas propias del método + 1 teja en la parte superior del patrón + 0.75 tejas para cubrir los extremos.

El costo implementando el método de instalación "seis por seis", por metro cuadrado se traduce en:

Número de tejas = 7.5 tejas

Precio por  $m^2$  de teja asfáltica: La presentación de tejas estándar en el mercado es generalmente en paquetes de  $3.1m^2$  debido a las dimensiones de las tejas estándar, un paquete contiene 20 tejas, es decir  $6.5$  tejas/ $m^2$  paquete tiene un costo aproximado de Q.260.00, aproximadamente Q.87.00 por cada  $6.5$  tejas.

Costo por  $m^2$  de tejas utilizando el método "seis por seis": necesitamos saber cual es el costo individual de una teja, entonces;  $Q.87.00/6.5 = Q.13.39$  por teja.



Para cubrir un metro cuadrado entonces multiplicaremos el costo por teja, por la cantidad de tejas necesarias para cubrir un metro cuadrado con el método "seis por seis"; esto es  $Q.13.39 \times 7.5 = \mathbf{Q.100.42}$  . Quetzales por metro cuadrado utilizando el método "seis por seis".

- **Fijaciones:** las fijaciones a utilizar, no deberán ser menores a 03 por teja. En el caso de los tachuelones, que es la fijación de uso más común en nuestro medio, necesitaríamos  $3 \times 7.5 = 22.5$ , aproximadamente 23 tachuelones.

En el mercado, los tachuelones se compran por libra, con un aproximado de 70 tachuelones por libra, es decir necesitaríamos  $23/70=0.32$  lb. El precio comercial de una libra de tachuelones de  $\frac{3}{4}$ " para nuestro caso en particular, es de Q.15.00.

Entonces el costo de fijaciones por metro cuadrado será de  $Q15.00 \times 0.32 = \mathbf{Q.4.80}$  quetzales de fijaciones por metro cuadrado.

- **Cemento asfáltico:** para el caso del cemento asfáltico, una cubeta de este material rinde  $150m^2$ , y tiene un precio de Q.365.00, por lo que el costo de cemento por metro cuadrado será  $Q.365/150= \mathbf{2.43Q./m^2}$
- **Costo de mano de obra:** Consultando con instaladores de tejas asfálticas, un instalador A cobra Q.22.00 por  $m^2$ , un instalador B cobra Q.20.00 por  $m^2$ , un instalador de teja asfáltica C con mayor experiencia cobra alrededor de Q.25.00 por  $m^2$  debido a lo laborioso del patrón a seguir.

Redondeando un precio promedio de instalación =  $\mathbf{22.33 Q./m^2}$

La integración de costos para un metro cuadrado de instalación de teja asfáltica, instalada con el método “seis por seis” queda de la siguiente forma (Tabla VII):

**Tabla VII. Resumen de renglones y costos asociados por renglón para el método “seis por seis”**

	RENGLÓN	COSTO ASOCIADO AL RENGLÓN
1	Material de piso base	171.71 Q/ m <sup>2</sup>
2	Material de contrapiso	22.50 Q/ m <sup>2</sup>
3	Teja asfáltica	100.42 Q/ m <sup>2</sup>
4	Fijaciones	4.80 Q/ m <sup>2</sup>
5	Cemento asfáltico	2.43Q./m <sup>2</sup>
6	Mano de obra	22.33 Q./m <sup>2</sup>
	<b>COSTO TOTAL</b>	<b>324.19 Q./m<sup>2</sup></b>

Si asumimos que ya se tiene el material de piso base, y que puede no ser madera, entonces tomaremos solo el valor de los renglones del 2 al 6, por lo que podemos entonces decir que un metro cuadrado de teja asfáltica instalada por el método “seis por seis” tiene un costo de **Q.152.48**.

El costo anterior corresponde una cantidad exacta de materiales y mano de obra a utilizar para un metro cuadrado, es decir, una cantidad teórica.

Debido a la cantidad de cortes y que este patrón implica, para una cantidad real se observa que, si se realizan los cortes exactos, con este método no se desperdiciará ninguna teja, ya que las partes que surgen de los cortes pueden usarse exactamente en donde no se han hecho recortes.

#### **4.2.3 Tiempo estimado de instalación utilizando el método “seis por seis”**

El cálculo del tiempo de instalación con este método se realizó tomando como base el tiempo promedio de instalación necesario para cubrir la parte frontal derecha de el techo de las oficinas de la Sección de Tecnología de la Madera, del Centro de Investigaciones de Ingeniería, ubicada en el área de Tecnología de Materiales, contigua a EPS.

##### **Tiempos a considerar**

- Tiempo de colocación de contra piso por metro cuadrado: 5 min.
- Aplicación de pegamento asfáltico por metro cuadrado: 4 min.
- Número de cortes por metro cuadrado: 6 cortes
- Tiempo por corte: 0.3 minutos
- Tiempo de colocación de tejas: 0.5 min.
- Número de tejas a colocar: 6.5 tejas
- Tiempo para colocación de fijaciones: 0.5 minutos
- Número de fijaciones a colocar por metro cuadrado: 23 tachuelones

## **TIEMPO TOTAL DE INSTALACIÓN**

El tiempo total de instalación será igual al tiempo de colocación de contra piso + aplicación de pegamento asfáltico + tiempo para cortes + tiempo de colocación de tejas + tiempo de colocación de fijaciones; esto es:

$$5 \text{ min.} + 4 \text{ min} + (6 \times 0.3) + (0.5 \times 6.5) + (0.5 \times 23) = 25.55 \text{ minutos}$$

Estos son tiempos teóricos de instalación para un metro cuadrado, en la parte mas baja del techo. Es importante tener en cuenta que el tiempo de instalación por metro cuadrado aumenta la altura a medida que se va avanzando hacia la cumbrera, del mismo modo cuando la teja que se instala esta pegada a una vertiente, como se puede observar en la figura 19.

### **4.2.4 Riesgos y limitaciones de la implementación del método “seis por seis”**

Dentro de los riesgos y limitaciones que podemos mencionar al implementar el método “6 x 6” se encuentran las siguientes:

- Los cortes incrementales realizados deben ser bastante exactos, pues se puede presentar el riesgo de perder gran cantidad de material si no se realizan en ángulos de 90°, para lo que se sugiere utilizar una escuadra para marcar cada teja, previo a cortarla.
- Debido al área superficial de techo a cubrir con este método, el tiempo de instalación para techos con grandes naves se incrementa.
- Este método tiene como limitante el uso de tejas estándar (36” de largo), ya que por tratarse de cortes de 6” exactas, una teja con dimensiones diferentes, nos producirá una gran cantidad de desperdicio al final de la instalación.

- Este método no es sugerido para un sobre techado, es decir para aplicar tejas nuevas sobre tejas antiguas.

Como ventajas de implementar este método podemos mencionar:

- La calidad estética que produce este método de instalación como acabado final de techo debido al patrón que se sigue.
- Menor uso de tejas en traslapes de vertientes, ya que generalmente los patrones por ser pequeños, producen un gran área de traslape de tejas cerca de donde se unen las vertientes de los techos, asegurando que la posibilidad de filtraciones en estos será nula.
- En pendientes poco pronunciadas, es decir entre  $10^{\circ}$  y  $19^{\circ}$ , este método resulta ventajoso, porque el entramado del patrón hace que, si se instalan las tejas por ejemplo en madera, el agua no tenga mayor espacio para poder entrar al piso base y dañarlo.

### **4.3 Método 2: Método de escalonada en diagonal con recortes incrementales de cinco pulgadas por doce hileras “doce por cinco”.**

#### **4.3.1 Descripción del método “doce por cinco”**

a. Deben recortarse las lengüetas inferiores de las tejas asfálticas, como se muestra en la figura 17, dejando como teja de hilera inicial la parte superior de la misma lo más cercano posible del borde del tejado, esto debido a que es la parte donde se encuentra el adhesivo de la teja.

b. Se comenzará la sección instalando una taja entera en la esquina inferior izquierda Esta tira inicial deberá sobresalir  $\frac{1}{2}$ " (13mm), sobre la cornisa y el alero si se usa un reborde de escurrimiento o "botagua" ; de lo contrario, deberá sobresalir por lo menos  $\frac{3}{4}$ "(19mm) del borde.

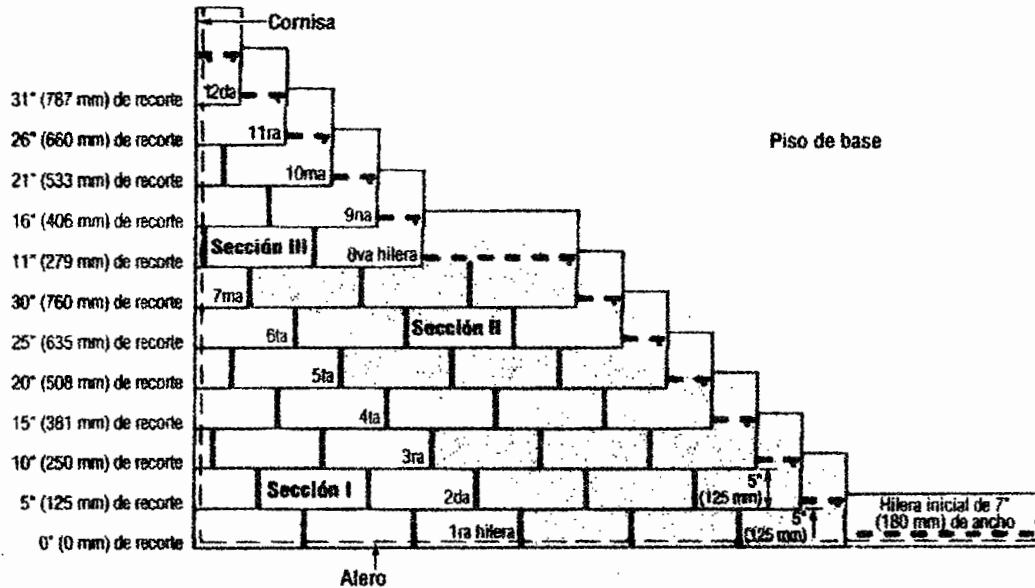
c. Se recortan 5" (125mm) del largo de la primera tira inicial, y se instala la sección de 31" (787mm), en la esquina inferior izquierda del tejado, sobre la primera teja.

d. De la tercera a la séptima hilera se debe iniciar con una teja 5" mas corta que la anterior, por ejemplo, para la hilera No. 3, la teja a instalar tendrá un recorte de 10" de largo, la cuarta un recorte de 15" etc., hasta llegar a la séptima hilera, que tendrá un recorte de 30", es decir, se instalará una teja de 6" de largo. Esto se muestra en la figura 21 en el patrón que aparece como sección I, y establece el patrón que deberá a seguirse para las primeras siete hileras del ciclo repetitivo de 12 hileras.

e. Para la octava hilera, deberá iniciarse recortando 11" (279mm) del extremo izquierdo de una teja, instalando la sección de 25" (635mm) sobre la teja de la séptima hilera, a ras con el borde izquierdo de la teja de la séptima hilera, dejando expuestas las primeras 5 " (125mm).

f. Se iniciará cada hilera subsiguiente, incluida la duodécima hilera, con una teja de 5 " (125mm) mas corta (del extremo izquierdo) que la de la hilera anterior. Se deberá dejar expuestas 5 " (125mm) de cada hilera.

**Figura 22. Patrón de instalación de tejas utilizando el método “doce por cinco”**



Fuente: *Certain teed. Master Shingle Applicator*. Pág. 110

g. Para una treceava hilera, deberá repetirse el patrón en la sección I que muestra la figura 22. Es importante notar que en la parte contigua a las tejas que sufren los recortes incrementales de 5" deberán instalarse tejas enteras, lo que permitirá continuar con el patrón.

#### **4.3.2 Integración de renglones y costos por renglón del método “doce por cinco”**

Los renglones a considerar para la instalación de tejas asfálticas en este método serán:

- Material de piso base
- Material de contrapiso
- Tejas
- Fijaciones
- Cemento asfáltico
- Mano de obra

La integración de costos se detallará de la siguiente forma:

REGLÓN	UNIDAD
Material de piso base	Quetzales por metro cuadrado (Q./m <sup>2</sup> )
Material de contrapiso	Quetzales por metro cuadrado (Q./m <sup>2</sup> )
Teja asfáltica	Quetzales por metro cuadrado (Q./m <sup>2</sup> )
Fijaciones	Quetzales por metro cuadrado (Q./m <sup>2</sup> )
Cemento asfáltico	Quetzales por metro cuadrado (Q./m <sup>2</sup> )
Mano de obra	Quetzales por metro cuadrado (Q./m <sup>2</sup> )



- **Material de piso base:** El costo del piso base, considerando que se instalarán planchas de OSB, de un grosor de  $\frac{3}{4}$ " (tres cuartos de pulgada) arroja un precio por metro cuadrado = **171.71 Q/ m<sup>2</sup>** . La obtención de esta cantidad está detallada para el método seis.
- **Material de contrapiso:** Como se enuncio para el método "seis por seis", se utilizará para todos los métodos de instalación igual contrapiso. Consideraremos que se instalará papel fenólico clase No. 15 (para tejas estándar), tipo I. El costo por metro cuadrado de material de contrapiso será  $Q.900/40m^2 = 22.5 Q/ m^2$ . El desglose de esta cantidad se detalla para el método "seis por seis".
- **Tejas asfáltica:** Se utilizará para todos los métodos de colocación de teja asfáltica, la suposición de que se instalarán tejas estándar de 36" de largo con lengüetas de 5 5/8" (como se muestran en la figura 20).

Para el método "doce por cinco", calcularemos la cantidad de tejas a utilizar de la siguiente forma:

Como se observa en la figura 22, al instalar las tejas con el método doce por cinco, cubriremos para las primeras siete hileras, un área de 735 in<sup>2</sup>, aproximadamente, 0.4744 m<sup>2</sup>, para las hileras de la 8 a la doce, cubriremos un área de 375 in<sup>2</sup>, aproximadamente 0.241 m<sup>2</sup>, dando un total de 0.715 m<sup>2</sup>.

En este método, con cada teja entera se cubre un área de 5" x 36", es decir 0.11 m<sup>2</sup>, entonces, para un metro cuadrado, necesitaremos 9 tejas aproximadamente.

Para calcular el precio por  $m^2$  de teja asfáltica sabemos que la presentación de tejas estándar en el mercado es generalmente en paquetes de  $3.1m^2$  debido a las dimensiones de las tejas estándar, un paquete contiene 20 tejas, es decir 6.5 tejas/ $m^2$ . paquete tiene un costo aproximado de Q.260.00, aproximadamente Q.87.00 por cada 6.5 tejas.

Con esto sabemos que el costo individual de una teja, es;  $Q.87.00/6.5 = Q.13.39$  por teja.

Para cubrir un metro cuadrado entonces multiplicaremos el costo por teja, por la cantidad de tejas necesarias para cubrir un metro cuadrado con el método "doce por cinco"; esto es  $Q.13.39 \times 9 = \mathbf{Q.120.51}$  . Quetzales por metro cuadrado utilizando el método "doce por cinco".

- **Fijaciones:** las fijaciones a utilizar, no deberán ser menores a 03 por teja. En el caso de los tachuelones, que es la fijación de uso más común en nuestro medio, necesitaríamos  $3 \times 9 = 27$ , aproximadamente 27 tachuelones.

En el mercado, los tachuelones se compran por libra, con un aproximado de 70 tachuelones por libra, es decir necesitaríamos  $27/70=0.39$  lb. El precio comercial de una libra de tachuelones de  $\frac{3}{4}$ " para nuestro caso en particular, es de Q.15.00.

Entonces el costo de fijaciones por metro cuadrado será de  $Q15.00 \times 0.39 = \mathbf{Q.5.85}$  quetzales de fijaciones por metro cuadrado.

- **Cemento asfáltico:** para el caso del cemento asfáltico, una cubeta de este material rinde  $150m^2$ , y tiene un precio de Q.365.00, por lo que el costo de cemento por metro cuadrado será  $Q.365/150 = \mathbf{2.43Q./m^2}$

- **Costo de mano de obra:** Consultando con instaladores de tejas asfálticas, un instalador A cobra Q.25.00 por m<sup>2</sup>, un instalador B cobra Q.25.00 por m<sup>2</sup>, un instalador de teja asfáltica C cobra alrededor de Q.22.00 por m<sup>2</sup> debido al patrón a seguir.

Entonces el precio promedio de instalación = **24.00 Q./m<sup>2</sup>**

La integración de costos para un metro cuadrado de instalación de teja asfáltica, instalada con el método “doce por cinco” queda de la siguiente forma:

**Tabla VIII. Resumen de renglones y costos asociados por renglón para el método “doce por cinco”**

	RENGLÓN	COSTO ASOCIADO AL RENGLÓN
1	Material de piso base	<b>171.71 Q/ m<sup>2</sup></b>
2	Material de contrapiso	<b>22.50 Q/ m<sup>2</sup></b>
3	Teja asfáltica	<b>120.51 Q/ m<sup>2</sup></b>
4	Fijaciones	<b>5.85 Q/ m<sup>2</sup></b>
5	Cemento asfáltico	<b>2.43Q./m<sup>2</sup></b>
6	Mano de obra	<b>24.00 Q./m<sup>2</sup></b>
	<b>COSTO TOTAL</b>	<b>347.00 Q./m<sup>2</sup></b>

Al igual que para el método “seis por seis” asumiremos que ya se tiene el material de piso base, y que puede no ser madera, entonces tomaremos solo el valor de los renglones del 2 al 6, por lo que podemos entonces decir que un metro cuadrado de teja asfáltica instalada por el método “doce por cinco” tiene un costo de **Q.175.28**.

El costo anterior corresponde una cantidad exacta de materiales y mano de obra a utilizar para un metro cuadrado, es decir, una cantidad teórica. Debido a la cantidad de cortes y que este patrón implica, para una cantidad real se observa que, se desperdiciara una teja por metro cuadrado aproximadamente.

Tomando en cuenta el desperdicio por los cortes incrementales propios del método, agregaremos un valor de Q.13.39 al costo total. Obviando el precio del material base para la teja, el costo por metro cuadrado con el “método doce por cinco” asciende a **Q.188.67**; y con material de piso base, a **Q.360.38** (costo real).

#### **4.3.3 Tiempo estimado de instalación utilizando el método “doce por cinco”**

El cálculo del tiempo de instalación con este método se realizó tomando como base el tiempo promedio de instalación necesario para cubrir la parte posterior derecha de el techo de las oficinas de la Sección de Tecnología de la Madera, del Centro de Investigaciones de Ingeniería, ubicada en el área de Tecnología de Materiales, contigua a EPS.

##### **Tiempos a considerar**

- Tiempo de colocación de contra piso por metro cuadrado: 5 min.
- Aplicación de pegamento asfáltico por metro cuadrado: 6 min.

- Número de cortes por metro cuadrado: 12 cortes
  - Tiempo por corte: 0.3 minutos
  - Tiempo de colocación de tejas: 0.5 min.
  - Número de tejas a colocar: 9 tejas
  - Tiempo para colocación de fijaciones: 0.5 minutos
  - Número de fijaciones a colocar por metro cuadrado: 27 tachuelones
- **Tiempo total de instalación**

El tiempo total de instalación será igual al tiempo de colocación de contra piso + aplicación de pegamento asfáltico + tiempo para cortes + tiempo de colocación de tejas + tiempo de colocación de fijaciones; esto es:

$$5 \text{ min.} + 6 \text{ min} + (12 \times 0.3) + (0.5 \times 9) + (0.5 \times 27) = 32.6 \text{ minutos}$$

Es importante mencionar que con este método, se cubrirá mas fácil un tejado, debido a que contiguo a cada teja de las primeras siete hileras, se colocará una teja entera, como lo muestra la sección II de la figura 21. Este método conlleva un poco mas de tiempo para avanzar verticalmente pero se cubre mayor área horizontal cada vez que se repite un patrón.

#### **4.3.4 Riesgos y limitaciones de la implementación del método “doce por cinco”**

Dentro de los riesgos y limitaciones que podemos mencionar al implementar el método “doce por cinco” se encuentran las siguientes:

- Los cortes incrementales realizados deben ser bastante exactos, pues se puede perder fácilmente la verticalidad en el patrón, y al llegar al traslape con otra vertiente se perderá totalmente la estética del techo dando la impresión que la nave del techo se encuentra torcida.
- Debido al patrón de instalación de este método, resulta un poco laborioso el realizar traslapes cuando se juntan dos vertientes, y si no se tiene experiencia en el corte, se puede perder una cantidad considerable de material.
- Este techo tiene como limitante el uso de tejas estándar (36" de largo), ya que por tratarse de cortes de 5" exactas, una teja con dimensiones diferentes, nos producirá una gran cantidad de desperdicio al final de la instalación.
- Debe tenerse un control de las tejas a las que se le realizan los recortes, ya que las partes que se corten de las tejas de la octava a la duodécima hilera, servirán para el inicio de un nuevo patrón, colocando la parte que sobra de la duodécima hilera contiguo a la teja entera de la sección II de la séptima hilera; del mismo modo, la parte que sobra de la onceava hilera, se colocara contiguo a la teja entera de la sección dos de la sexta hilera; la parte que sobra de la décima hilera se colocará contiguo a la teja entera de la quinta hilera; así sucesivamente para aprovechar los cortes realizados.

Como ventajas de implementar este método podemos mencionar:

- Este método puede implementarse para un sobre techado, es decir para aplicar tejas nuevas sobre tejas antiguas

- Aunque el patrón es laborioso, se puede utilizar este método para cubrir techos con áreas superficiales bastante grandes ya que cubre una mayor cantidad de área al hacer dos repeticiones del mismo patrón.
- Este método es bastante eficiente en techos con pendientes pronunciadas ya que se cubre más fácil la altura del tejado hasta la cumbrera por la cantidad de hileras que se colocan cada vez que se repite el patrón "doce por cinco.
- La instalación de tejas con este método produce un efecto visual que realza la volumetría del techo sugiriéndose este método para colocar teja en techos con grandes naves o volumetrías no tradicionales.

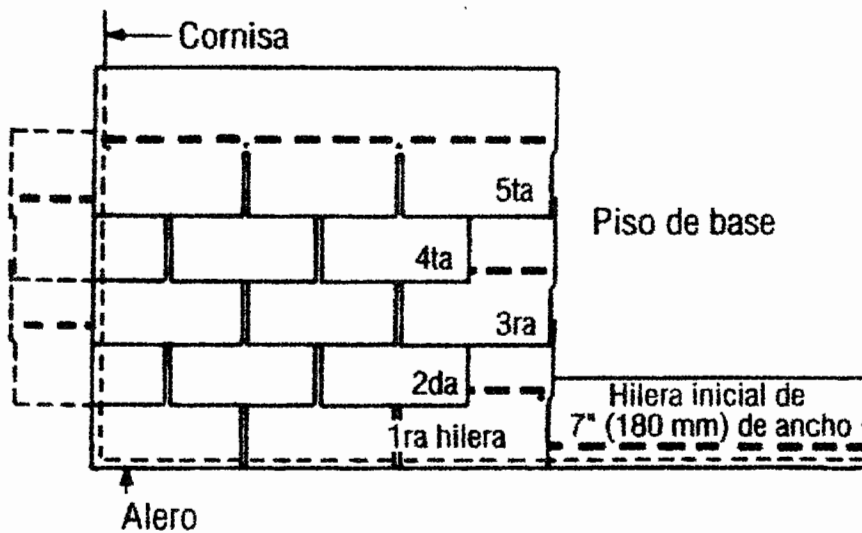
#### **4.4 Método 3: Método escalonado de seis pulgadas en columna vertical sencilla "escalonado en columna"**

##### **4.4.1 Descripción del método "escalonado en columna"**

- a. Deben recortarse las lengüetas inferiores de las tejas asfálticas, como se muestra en la figura 17, dejando como teja de hilera inicial la parte superior de la misma lo más cercano posible del borde del tejado.
- b. Para la primera hilera, se colocara una teja entera como se muestra en la figura 22. Esta esquina deberá sobresalir al menos 1/2" (13mm) sobre la cornisa y el alero si se usa reborde de escurrimiento; de lo contrario, deberá sobresalir al menos 3/4 " (19 mm) al no usar dicho reborde.
- c. Para la segunda hilera se recortaran 6" (150mm) del largo de la teja, instalando la sección de 30" (760mm) sobre la teja de la segunda hilera.
- d. Se colocará para la tercera hilera, una teja entera.

- e. Para la cuarta hilera, deberá recortar 6" (150mm) del largo de la teja, colocando la sección de 30" (760mm) sobre la teja de la tercera hilera.
- f. Para la quinta hilera, se colocara una teja entera.
- g. Para las hileras sucesivas, se alternara el uso de las tejas enteras y las de 30" hacia arriba, en una sola columna. Como lo muestra la figura 23.

Figura 23. Patrón de instalación de tejas utilizando el método "escalonado en columna"



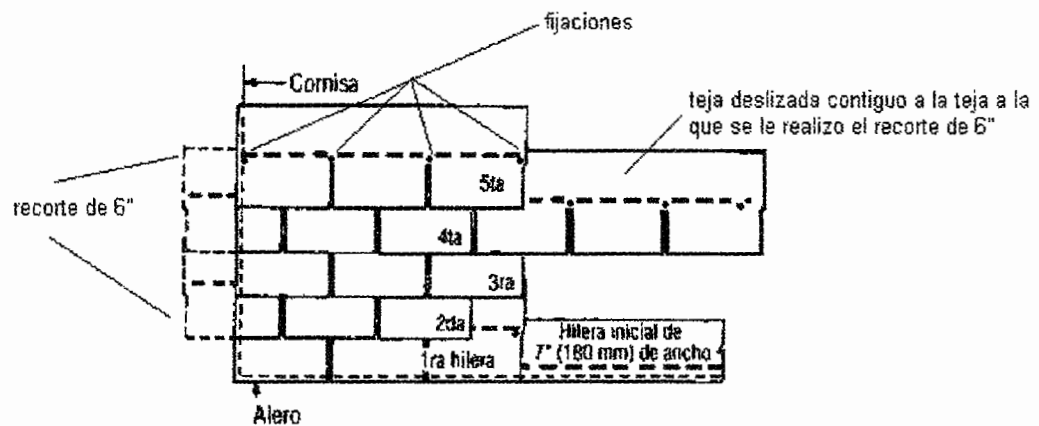
Fuente: *Certain teed. Master Shingle Applicator*. Pág. 111

- h. En las hileras en las que se hace el recorte de 6" (150mm), se instalaran tejas enteras, deslizándolas por debajo de la teja de la hilera siguiente. Las tejas se instalaran a tope.



Una vez colocadas las tejas enteras se fijarán con un tachuelon, es decir se utilizaran 4 tachuelones por teja, como se muestra en la figura 24.

**Figura 24. Forma de instalar una teja entera en hilera donde se realizo un recorte para el método “escalonado en columna”**



Fuente: Certain teed. **Master Shingle Applicator**. Pág. 112

i. El patrón se repetirá verticalmente solo a lo largo de la cornisa pues una vez realizados los recortes de la primer columna solo se instalaran tejas enteras en todo el techo.

#### **4.4.2 Integración de renglones y costos por renglón del método “escalonado en columna”**

Los renglones a considerar para la instalación de tejas asfálticas en este método serán:

- Material de piso base

- Material de contrapiso
- Tejas
- Fijaciones
- Cemento asfáltico
- Mano de obra

La integración de costos se detallará de la siguiente forma:

RENGLÓN	UNIDAD
Material de piso base	Quetzales por metro cuadrado (Q./m <sup>2</sup> )
Material de contrapiso	Quetzales por metro cuadrado (Q./m <sup>2</sup> )
Teja asfáltica	Quetzales por metro cuadrado (Q./m <sup>2</sup> )
Fijaciones	Quetzales por metro cuadrado (Q./m <sup>2</sup> )
Cemento asfáltico	Quetzales por metro cuadrado (Q./m <sup>2</sup> )
Mano de obra	Quetzales por metro cuadrado (Q./m <sup>2</sup> )

- **Material de piso base:** El costo del piso base, considerando que se instalaran planchas de OSB, de un grosor de  $\frac{3}{4}$ " (tres cuartos de pulgada) arroja un precio por metro cuadrado = **171.71 Q/ m<sup>2</sup>** . La obtención de esta cantidad esta detallada para el método seis.

- **Material de contrapiso:** Como se enuncio para el método "seis por seis", se utilizará para todos los métodos de instalación igual contrapiso. Consideraremos que se instalará papel fenólico clase No. 15 (para tejas estándar), tipo I. El costo por metro cuadrado de material de contrapiso será  $Q.900/40m^2 = 22.5 Q/ m^2$ . El desglose de esta cantidad se detalla para el método "seis por seis".
- **Tejas asfáltica:** Se utilizará con el fin de comparación en todos los métodos de colocación de teja asfáltica, la suposición de que se instalarán tejas estándar de 36" de largo con lengüetas de 5 5/8" (como se muestran en la figura 20).

Para el método de instalación escalonado en columna, con cada patrón, cubriremos un área de techo de 36" x 25" (900 in<sup>2</sup>), es decir 0.58m<sup>2</sup> con 5 tejas.

Colocando dos tejas enteras en las hileras en las que se realizan los recortes, se ganará n área de 10" x 36" (360 in<sup>2</sup>), es decir 0.23 m<sup>2</sup>.

Para el inicio segundo patrón si se colocan las primeras dos hileras se tendrá un área de 10" x 30" (360in<sup>2</sup>), es decir 0.19m<sup>2</sup>.

De esta forma cubriremos 1 metro cuadrado, utilizando 9 tejas, con la salvedad que se perderá una teja por cada 6 veces que se implemente el patrón a lo largo de la cornisa, es decir, mientras mas larga sea la cornisa, mayor cantidad de teja se perderá.

Tomando en cuenta lo anterior, consideraremos entonces que se perderá un tercio de teja por cada m<sup>2</sup>, es decir dos piezas de seis pulgadas.

El costo por metro cuadrado se traduce en:

(Tejas a utilizar x valor de tejas) + desperdicio por metro cuadrado; esto es  $(9 \times 13.39) + 13.39/3 = \text{Q. } 124.97$  quetzales por metro cuadrado

- **Fijaciones:** se utilizaran 04 fijaciones por teja. En el caso de los tachuelones, que es la fijación de uso más común en nuestro medio, necesitaríamos  $4 \times 9 = 36$ , tachuelones.

En el mercado, los tachuelones se compran por libra, con un aproximado de 70 tachuelones por libra, es decir necesitaríamos  $36/70=0.51$  lb. El precio comercial de una libra de tachuelones de  $\frac{3}{4}$ " para nuestro caso en particular, es de Q.15.00.

Entonces el costo de fijaciones por metro cuadrado será de  $\text{Q}15.00 \times 0.51 = \text{Q.}7.65$  quetzales de fijaciones por metro cuadrado.

- **Cemento asfáltico:** para el caso del cemento asfáltico, una cubeta de este material rinde  $150\text{m}^2$ , y tiene un precio de Q.365.00, por lo que el costo de cemento por metro cuadrado será  $\text{Q.}365/150= 2.43\text{Q./m}^2$

- **Costo de mano de obra:** Consultando con instaladores de tejas asfálticas, un instalador A cobra Q.18.00 por  $\text{m}^2$ , un instalador B cobra Q.15.00 por  $\text{m}^2$ , un instalador de teja asfáltica C cobra alrededor de Q.20.00 por  $\text{m}^2$  debido al patrón a seguir.

Entonces el precio promedio de instalación =  $17.67 \text{ Q./m}^2$

La integración de costos para un metro cuadrado de instalación de teja asfáltica, instalada con el método “escalonado en columna” queda de la siguiente forma:

**Tabla IX. Resumen de renglones y costos asociados por renglón para el método “escalonado en columna”**

	RENGLÓN	COSTO ASOCIADO AL RENGLÓN
1	Material de piso base	171.71 Q/ m <sup>2</sup>
2	Material de contrapiso	22.50 Q/ m <sup>2</sup>
3	Teja asfáltica	124.97 Q/ m <sup>2</sup>
4	Fijaciones	7.65 Q/ m <sup>2</sup>
5	Cemento asfáltico	2.43 Q./m <sup>2</sup>
6	Mano de obra	17.67 Q./m <sup>2</sup>
	<b>COSTO TOTAL</b>	<b>346.93 Q./m<sup>2</sup></b>

Al igual que para los dos métodos anteriores asumiremos que ya se tiene el material de piso base, y que puede no ser madera, entonces tomaremos solo el valor de los renglones del 2 al 6, por lo que podemos entonces decir que un metro cuadrado de teja asfáltica instalada por el método “escalonado en columna” tiene un costo de **Q.175.22**.

#### **4.4.3 Tiempo estimado de instalación utilizando el método “escalonado en columna”**

El calculo del tiempo de instalación con este método se realizó tomando como base el tiempo promedio de instalación necesario para cubrir un cuarto de la parte la parte posterior izquierda del techo de las oficinas de la Sección de Tecnología de la Madera, del Centro de Investigaciones de Ingeniería, ubicada en el área de Tecnología de Materiales, contigua a EPS.

##### **Tiempos a considerar**

- Tiempo de colocación de contra piso por metro cuadrado: 5 min.
- Aplicación de pegamento asfáltico por metro cuadrado: 6 min.
- Tiempo por corte de teja: 1 minuto
- Número de cortes por metro cuadrado: 2 cortes
- Tiempo por corte: 0.3 minutos
- Tiempo de colocación de tejas: 0.5 min.
- Número de tejas a colocar: 9 tejas
- Tiempo para colocación de fijaciones: 0.5 minutos
- Número de fijaciones a colocar por metro cuadrado: 36 tachuelones

## **TIEMPO TOTAL DE INSTALACIÓN**

El tiempo total de instalación será igual al tiempo de colocación de contra piso + aplicación de pegamento asfáltico + tiempo para cortes + tiempo de colocación de tejas + tiempo de colocación de fijaciones; esto es:

5 min. + 6 min. + (2 x 0.3) min. + (0.5 x 9) min. + (0.5 x 36) min. = 34.1 minutos

### **4.4.4 Riesgos y limitaciones de la implementación del método “escalonado en columna”**

Algunas de las principales limitaciones para utilizar este método son:

- Este método se sugiere solo para pequeñas cornisas que son en su mayoría ornamentales o para techos de dos vertientes con poca área, por ejemplo entradas de residenciales o garitas de control.
- El patrón de instalación del método escalonado en columna es muy sencillo y en techos con más de dos vertientes resulta poco atractivo, por lo que no se recomienda usarlo para volumetrías de techo no tradicionales.
- Se recomienda utilizar este método preferiblemente con teja tridimensional ya que el utilizar teja sencilla provocará un aspecto muy “plano” del techo.
- Al implementar este patrón es muy importante que se sujeten correctamente las tejas que se deslizan para continuar el patrón, tanto en cantidad de fijaciones como en localización ya que la ausencia de un tachuelon o la mala colocación, podrá provocar que la teja se desgarre o

quede con un aspecto “flojo” en la línea, que resultara no solo poco atractivo, sino dará lugar a que con el tiempo ocurran filtraciones.

- No se recomienda este método de instalación para sobre techado.

Como ventajas de implementar este método podemos mencionar las siguientes:

- El patrón no es nada complicado, y puede ser instalado por alguien con poca experiencia.
- Una vez colocada toda la columna vertical a lo largo de la cornisa, el instalar las tejas para el resto del techo resulta ventajoso y en la unión de vertientes se obtiene un buen traslape de tejas.
- Con este patrón pueden combinarse colores de tejas alternando las tejas enteras de un tono oscuro y a las que se les hace el recorte de un tono levemente más claro.



## **5. COMPARACIÓN ENTRE LOS TRES MÉTODOS DE COLOCACIÓN PROPUESTOS**

Debido a que el costo del piso base, tanto materiales como mano de obra, es el mismo, no se tomará en cuenta para la comparación de costo por renglón para los distintos métodos. Los renglones a tomar en cuenta son:

- Material de contrapiso
- Teja asfáltica
- Fijaciones
- Cemento asfáltico
- Cortes necesarios

### **5.1 Comparación entre el método “seis por seis” y el método “doce por cinco”**

#### **5.1.1 Comparación de costos por renglón**

Los costos por renglón se compararan en quetzales por metro cuadrado ( $Q/m^2$ ), y debido a que el costo de la mano de obra es dado por el total de las cinco actividades principales, necesarias para colocar un metro cuadrado de teja asfáltica (aplicación de cemento asfáltico, colocación de material de contrapiso, colocación de teja, cortes necesarios, colocación de fijaciones); se repartirá el valor total dentro de estos.

Por ejemplo:

Para el método "seis por seis", el costo promedio de la mano de obra por metro cuadrado es de Q. 22.33 (tabla 7). Dividiendo este valor dentro de cinco da como resultado que se repartiran Q. 4.466 aproximadamente a cada renglón y se incluirá la cantidad de cortes necesarios para completar un metro cuadrado con un costo igual a este valor.

Entonces con lo anterior la Tabla X quedará de la siguiente forma.

**Tabla X. Costos totales a comparar por renglón para el método "seis por seis"**

<b>MÉTODO SEIS POR SEIS</b>	<b>Costo de materiales + mano de obra Quetzales por metro cuadrado (Q/m<sup>2</sup>)</b>
Cemento asfáltico	6.9
Material de contrapiso	26.97
Cortes	4.46
Teja asfáltica	104.89
Fijaciones	9.26
<b>TOTAL</b>	<b>152.48</b>

De la misma forma para cada uno de los métodos, dando como resultado lo siguiente:

**Tabla XI. Costos totales a comparar por renglón para el método "doce por cinco"**

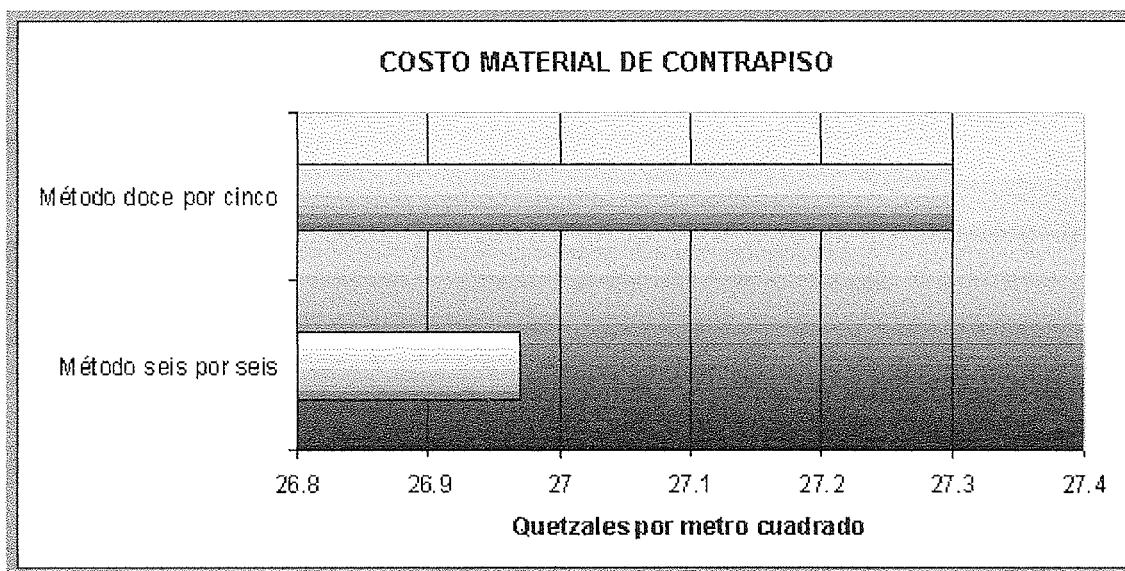
<b>MÉTODO DOCE POR CINCO</b>	<b>Costo de materiales + mano de obra Quetzales por metro cuadrado (Q/m<sup>2</sup>)</b>
Cemento asfáltico	7.23
Material de contrapiso	27.3
Cortes	4.8
Teja asfáltica	125.3
Fijaciones	10.65
<b>TOTAL</b>	<b>175.28</b>

Tabla XII. Costos totales a comparar por renglón para el método "escalonado en columna"

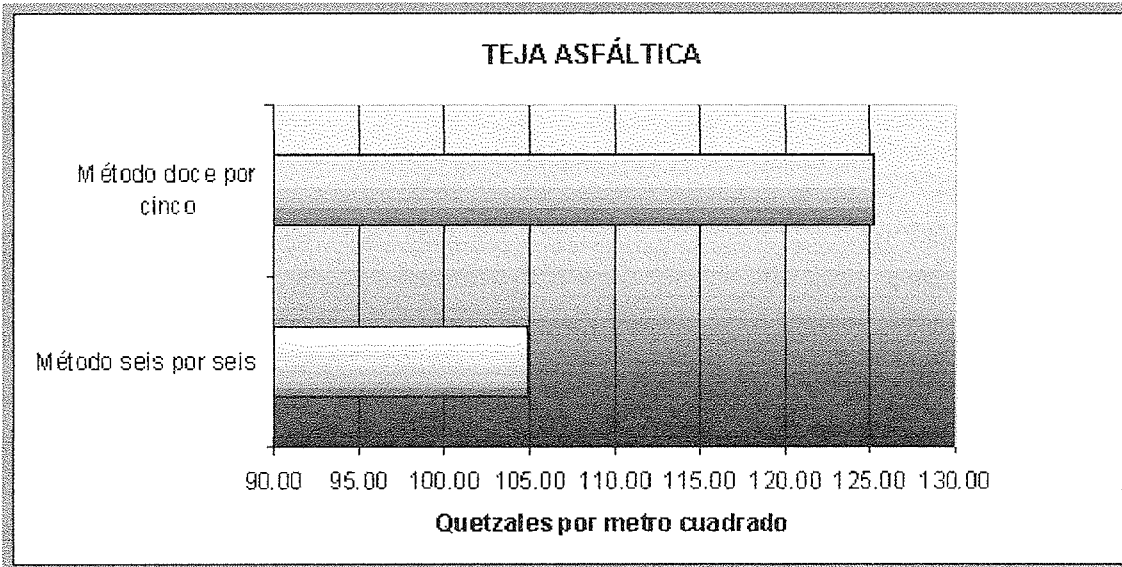
MÉTODO ESCALONADO EN COLUMNA	Costo de materiales + mano de obra Quetzales por metro cuadrado (Q/m <sup>2</sup> )
Cemento asfáltico	5.96
Material de contrapiso	26.03
Cortes	3.55
Teja asfáltica	128.5
Fijaciones	11.18
TOTAL	175.22

Comparando gráficamente los renglones de los métodos "seis por seis" y "doce por cinco", se tiene lo siguiente:

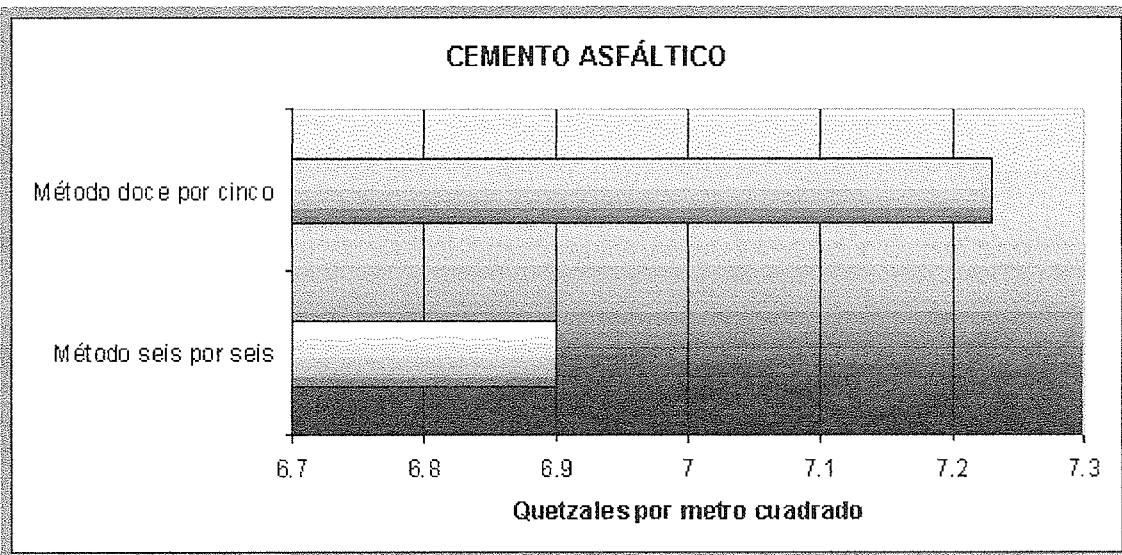
- Material de contrapiso



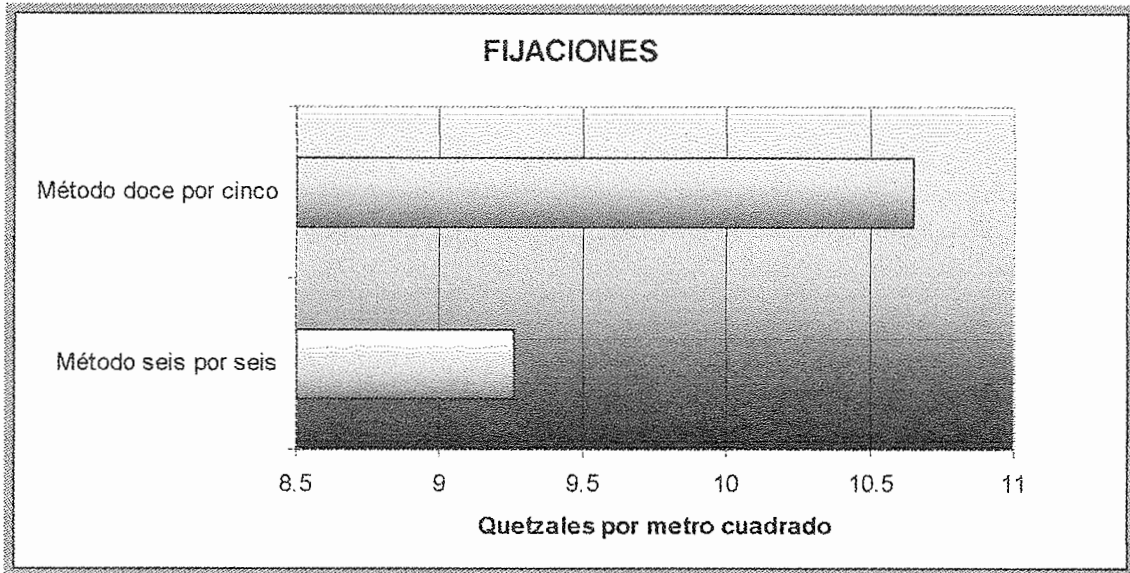
- Teja asfáltica



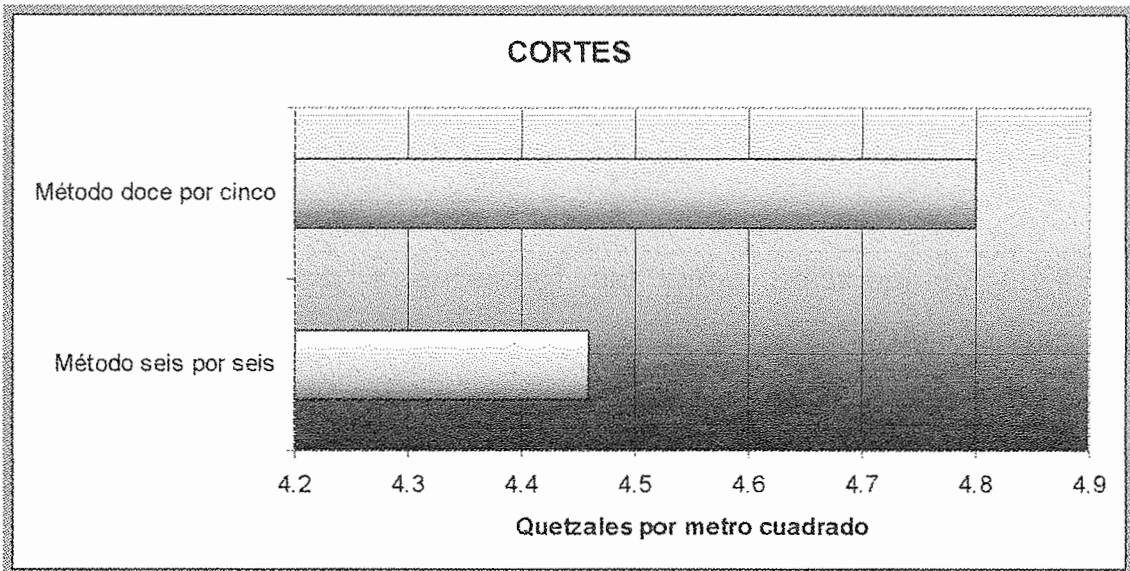
- Cemento asfáltico



- Fijaciones

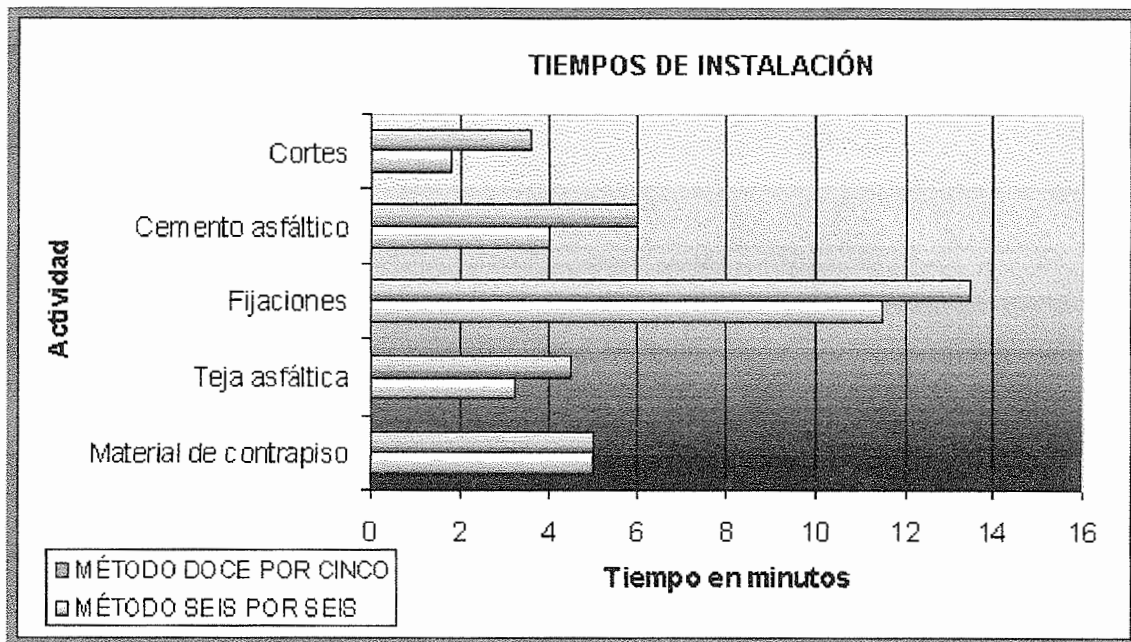


- Cortes



### 5.1.2 Comparación de tiempos de instalación

Comparando gráficamente, los tiempos de instalación por actividad necesaria para la instalación de un metro cuadrado de teja asfáltica, quedan de la siguiente forma:



### 5.1.3 Comparación entre las fortalezas y debilidades de los métodos

Una de las fortalezas de ambos métodos es que ornamentalmente presentan un patrón bastante atractivo para cubrir cualquier área considerable de techo.

Se puede mencionar como ventaja del método "seis por seis" sobre el método "doce por cinco", que debido al patrón de colocación de la teja, puede emplearse en pendientes de techo poco pronunciadas.

Una de las debilidades del método "seis por seis" ante el método "doce por cinco", es que no puede emplearse para sobre techado, debido a la cantidad de fijaciones y la forma de instalar las tejas.

Una de las debilidades del método "doce por cinco" es el costo de instalación (aproximadamente un 20% mayor), y la necesidad de que una persona con experiencia pueda instalarlo para que cuando se juntan dos o mas vertientes sea igual de eficiente que el método "seis por seis".

El método "seis por seis" presenta como ventaja sobre el método "doce por cinco, que en tejados con pendientes pronunciadas no se necesite un refuerzo para evitar la erosión producida por el agua, en las bajadas en las que se unen dos vertientes; esto debido a que el área de traslape producida por el patrón de instalación es mayor que para el método "doce por cinco".

Una de las fortalezas del método "doce por cinco" es la cantidad de área de techado que se cubre con cada patrón que se repite.

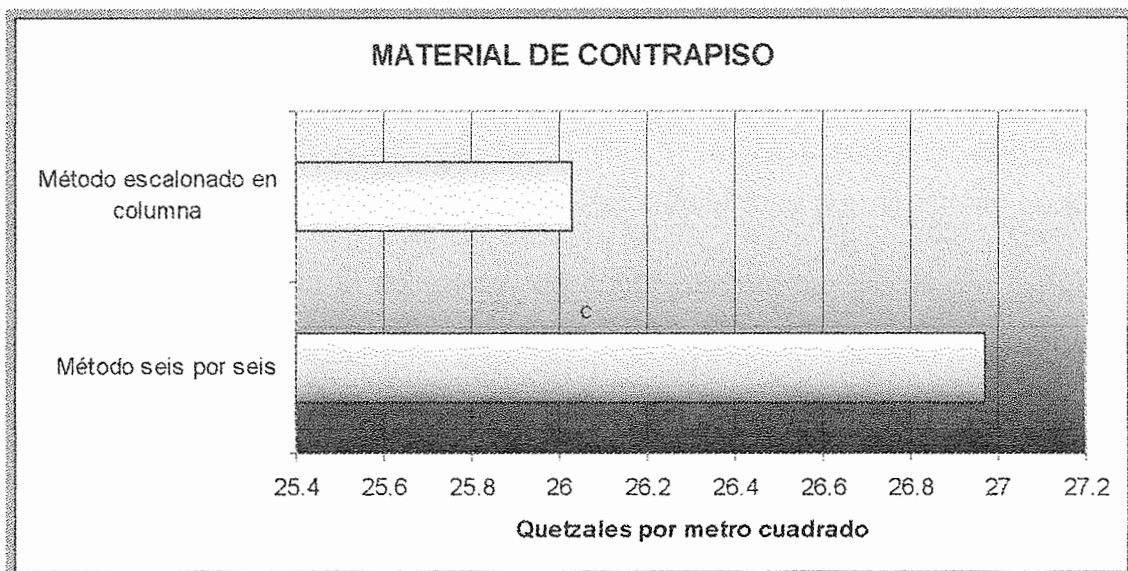
## 5.2 Comparación entre el método “seis por seis” y el método “escalonado en columna”

### 5.2.1 Comparación de costos por renglón

Al igual que para los métodos anteriores, se hará una comparación del costo por renglón entre el método “seis por seis” y el método “escalonado en columna” por medio de gráficas.

- Material de contrapiso

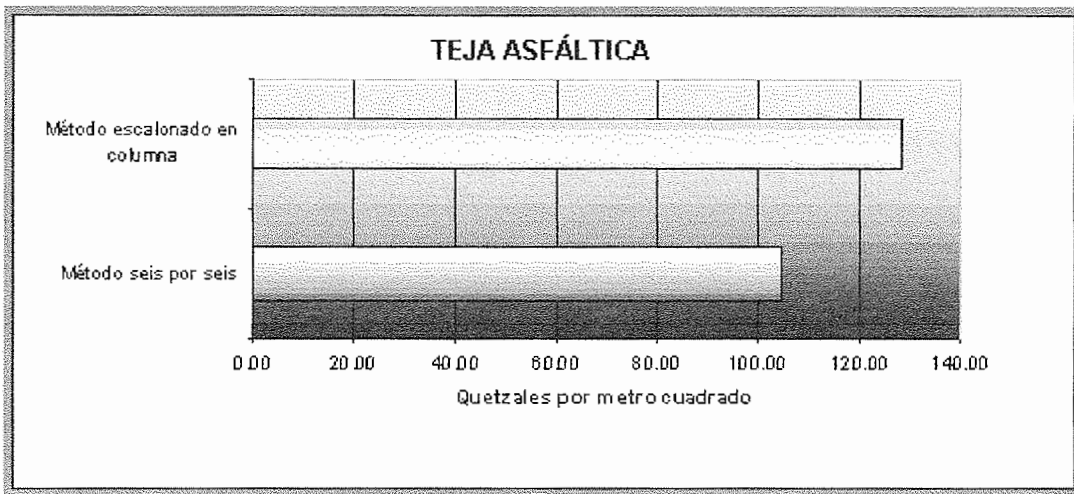
Figura 25. Comparación gráfica de costo de material de contrapiso: “método escalonado en columna” y “método seis por seis”





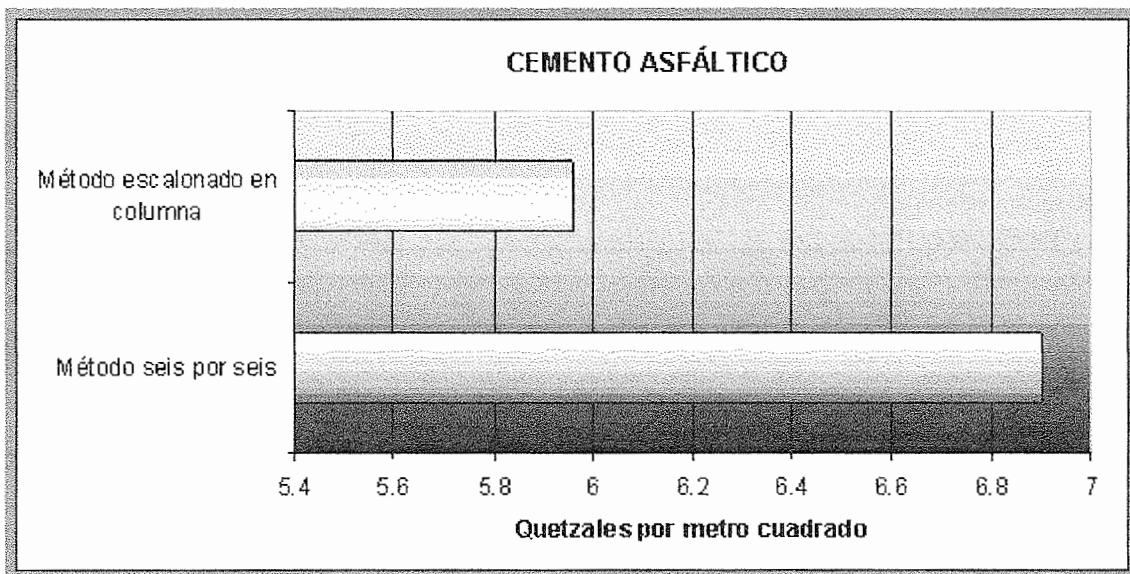
- Teja asfáltica

**Figura 26. Comparación gráfica de costo de teja asfáltica: “método escalonado en columna” y “método seis por seis”**



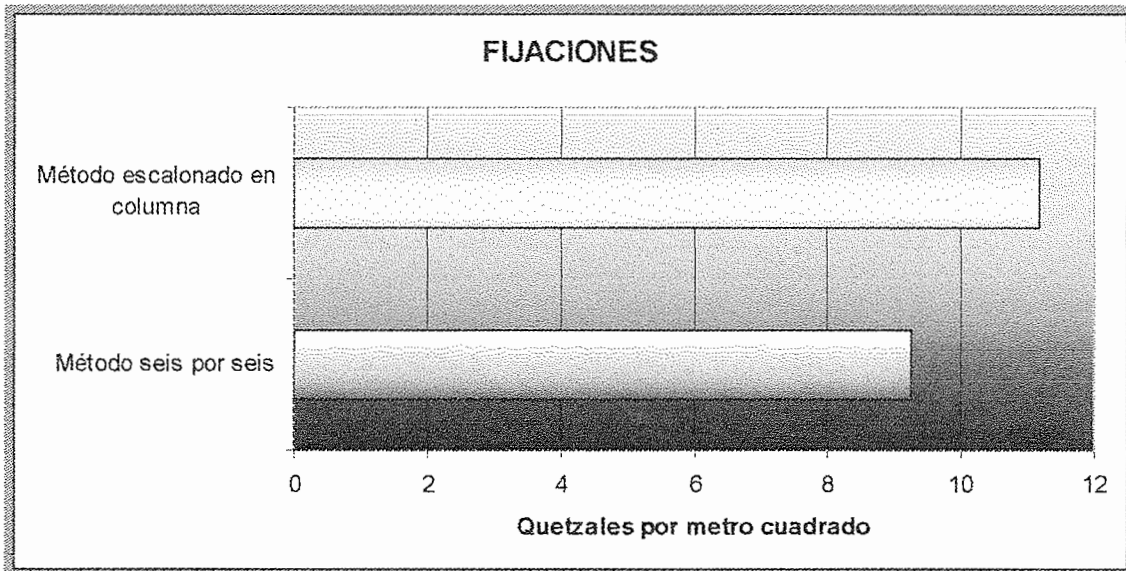
- Cemento Asfáltico

**Figura 27. Comparación gráfica de costo de cemento asfáltico: “método escalonado en columna” y “método seis por seis”**



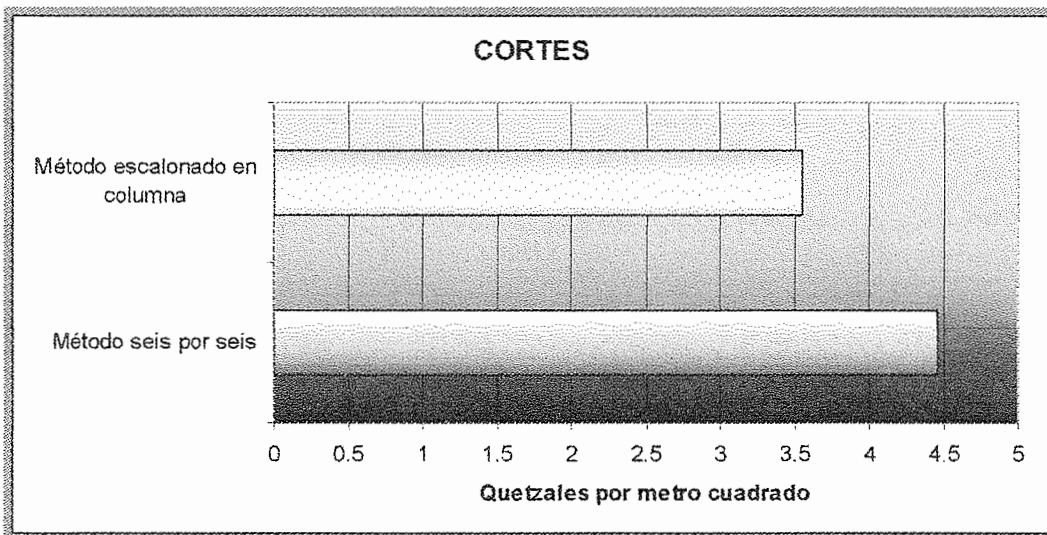
- Fijaciones

Figura 28. Comparación gráfica de costo de fijaciones: "método escalonado en columna" y "método seis por seis"



- Cortes

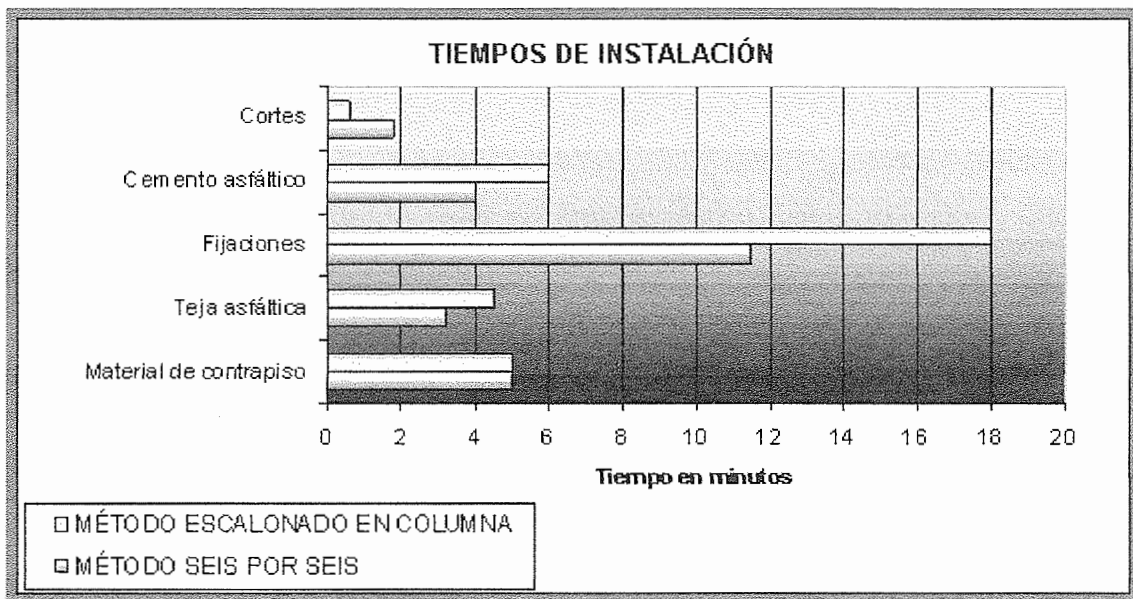
Figura 29. Comparación gráfica de costo por cortes: "método escalonado en columna" y "método seis por seis"



### 5.2.2 Comparación de tiempos de instalación

Comparando gráficamente, los tiempos de instalación por actividad necesaria para la instalación de un metro cuadrado de teja asfáltica, quedan de la siguiente forma:

Figura 30. Comparación gráfica de tiempos de instalación: “método escalonado en columna” y “método seis por seis”



### 5.2.3 Comparación entre las fortalezas y debilidades de los métodos

Se puede notar que una de las debilidades del método “escalonado en columna” es la cantidad de fijaciones que utiliza por metro cuadrado, haciendo que el método no resulte económico.

Como ventaja del método "seis por seis" sobre el método "escalonado en columna" el tiempo total necesario para cubrir un metro cuadrado de tejado, ya que al requerir un mayor número de fijaciones se incrementa el tiempo de instalación, con la única ventaja que en el método "escalonado en columna" el tiempo se mantiene constante debido a lo sencillo del patrón, mientras que para el método "seis por seis" se incrementa conforme se asciende sobre el tejado.

Tanto el método "escalonado en columna" como el método "seis por seis" presentan la debilidad de no poder ser utilizados para sobre techado debido al patrón de instalación.

El método "seis por seis" presenta una ventaja notable sobre el método "escalonado en columna", debido a que para techos de grandes dimensiones el patrón de instalación del método "escalonado en columna" no resulta nada atractivo ya que da una sensación de falta de volumen.

El método "escalonado en columna" posee la fortaleza brindar un buen traslape de tejas en la unión de dos o mas vertientes de un techo, haciendo casi imposible que se produzcan filtraciones o erosión en las mismas.

La fortaleza del método "escalonado en columna" de proporcionar un correcto traslape en vertientes hace que se combine con el método "doce por cinco", dando un patrón llamado "anidado en columna", resultando un método altamente estético y con un tiempo medio de instalación aceptable.

Una fortaleza notable del método "escalonado en columna es" que pueden utilizarse tejas de cualquier dimensión, así como el de poder alternar tejas de distinta tonalidad.

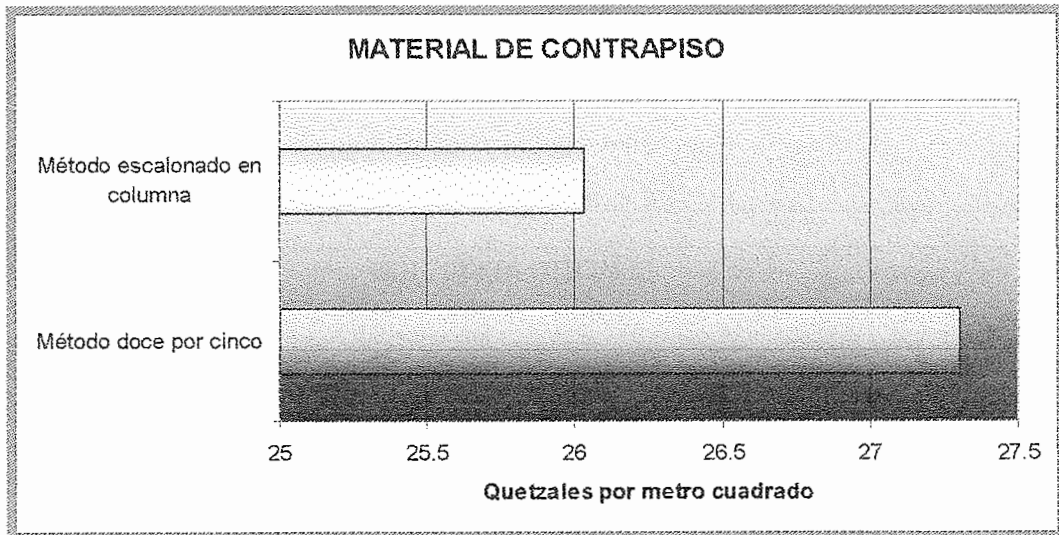
### 5.3 Comparación entre el método “doce por cinco ” y el método “escalonado en columna”

#### 5.3.1 Comparación de costos por renglón

Al igual que para la comparación de los métodos anteriores, se muestran gráficas de los costos por renglón asociados a éstos dos métodos, con el fin de facilitar al lector el poder formarse un mejor criterio para comparar los costos asociados a cada uno de los métodos.

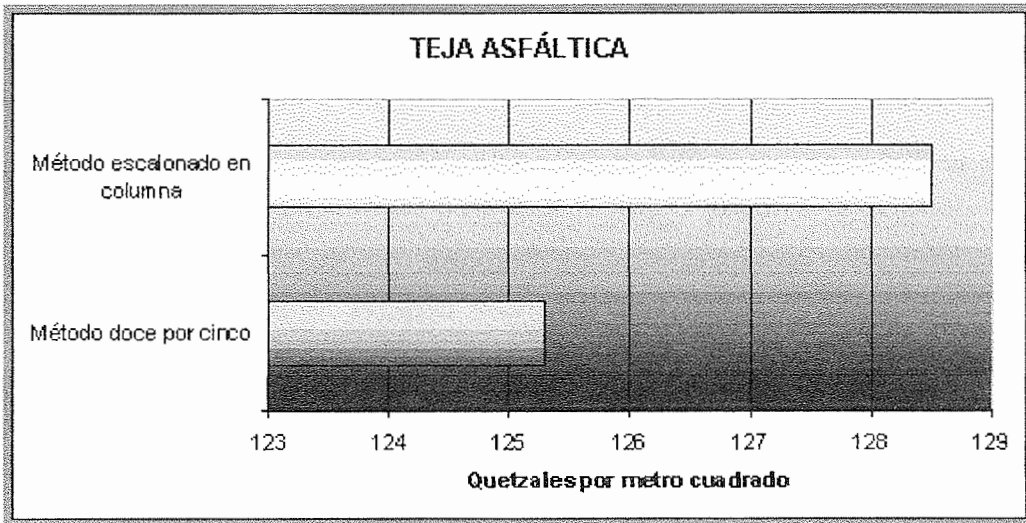
- Material de contrapiso

Figura 31. Comparación gráfica de costo de material de contrapiso: “método doce por cinco” y “método escalonado en columna”



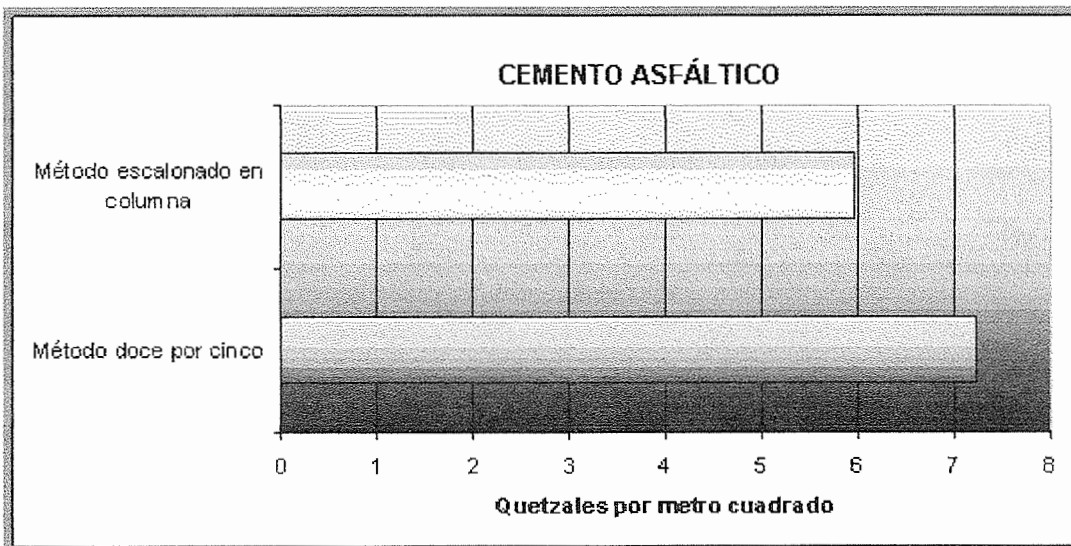
- Teja asfáltica

Figura 32. Comparación gráfica de costo de teja asfáltica: “método doce por cinco” y “método escalonado en columna”



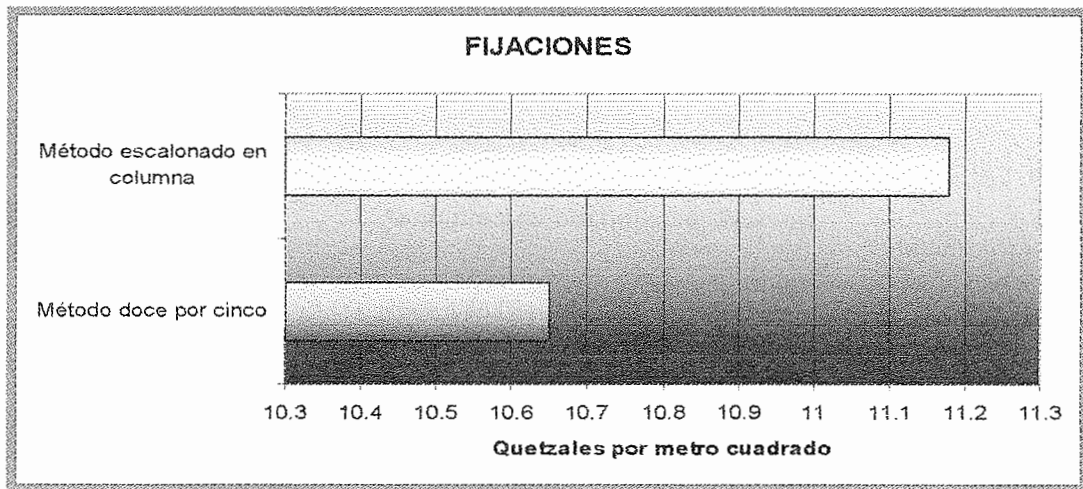
- Cemento Asfáltico

Figura 33. Comparación gráfica de costo de cemento asfáltico: “método doce por cinco” y “método escalonado en columna”



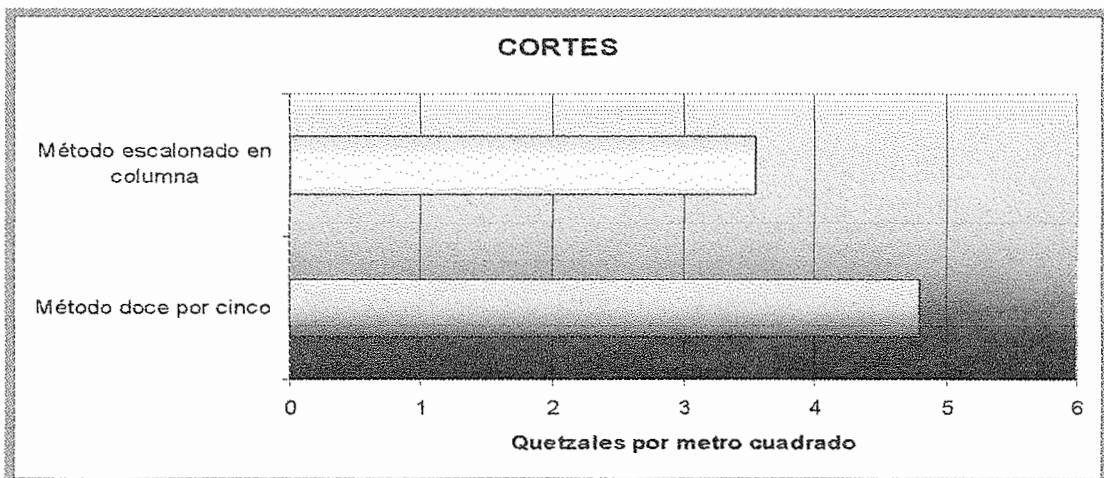
- Fijaciones

Figura 34. Comparación gráfica de costo de fijaciones: “método doce por cinco” y “método escalonado en columna”



- Cortes

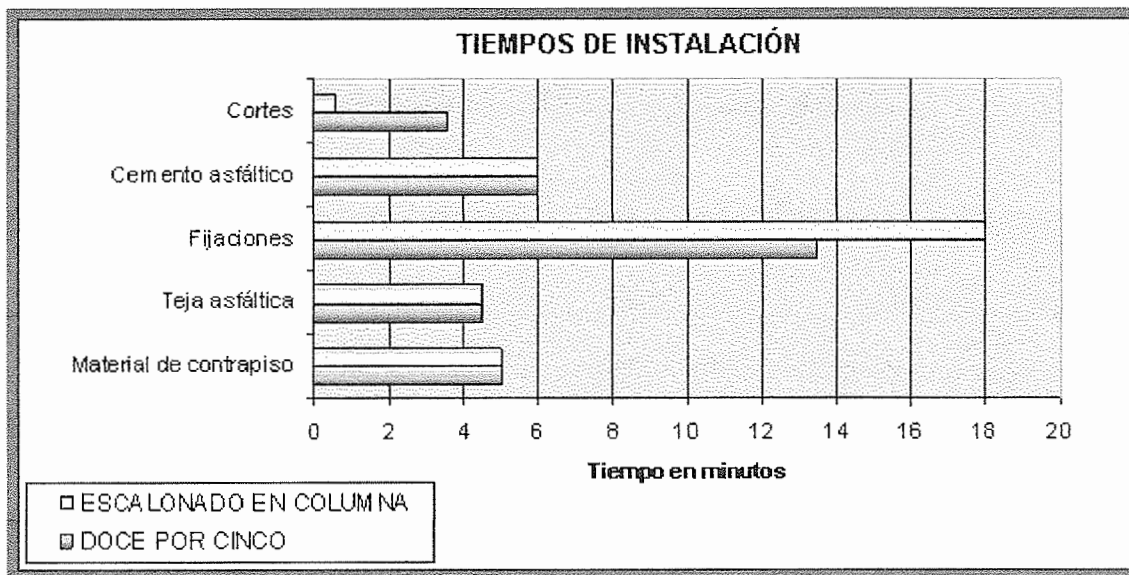
Figura 35. Comparación gráfica de costo por cortes: “método doce por cinco” y “método escalonado en columna”



### 5.3.2 Comparación de tiempos de instalación

Comparando gráficamente, los tiempos de instalación por actividad necesaria para la instalación de un metro cuadrado de teja asfáltica para los métodos “doce por cinco” y “escalonado en columna”, se tiene lo siguiente:

Figura 36. Comparación gráfica de tiempos de instalación: “método doce por cinco” y “método escalonado en columna”



### 5.3.3 Comparación entre las fortalezas y debilidades de los métodos

La fortaleza notable del método “doce por cinco” sobre el método “escalonado en columna” es la capacidad de poder aplicar este método en sobre techado, es decir instalar tejas nuevas sobre un tejado antiguo.



El patrón que se obtiene con la instalación del método “doce por cinco” es una ventaja notoria sobre el método “escalonado en columna”, quedando evidenciado que el aspecto estético es una de las debilidades mas fuertes del método “escalonado en columna”.

Se puede mencionar como fortaleza del método “escalonado en columna”, la facilidad con la que se elaboran los cortes y lo sencillo del patrón, haciendo que no sea necesariamente un experto quien instale las tejas por este método.

El método “doce por cinco” presenta como ventaja la cantidad de área superficial que se cubre al repetir los patrones, mientras que para el método “escalonado en columna” se necesitan bastantes patrones para cubrir grandes tejados, cosa que no es muy recomendable.

Debido a el patrón de instalación del método “doce por cinco”; el método “escalonado en columna” presenta una fortaleza en cuanto a los traslapes de dos o mas vertientes de un techo, ya que es más eficiente contra filtraciones o erosión.

Como fortaleza de estos métodos es que pueden ser utilizados en conjunto corrigiendo uno las debilidades del otro, en un método de instalación llamado “anidado”; presentando un método de instalación altamente ornamental, de tiempo relativamente corto y a un costo promedio aceptable.



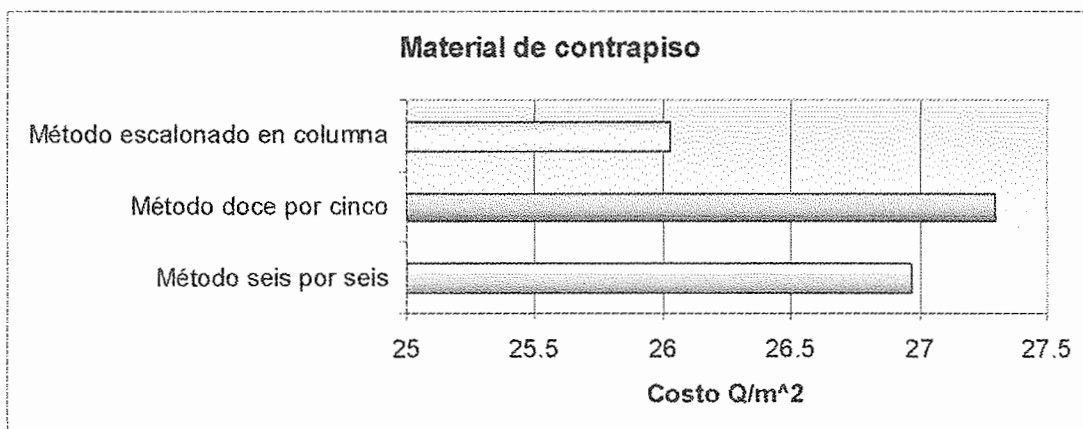
## ANÁLISIS DE RESULTADOS ENTRE LAS COMPARACIONES DE LOS MÉTODOS

Como se observó en el capítulo 5, cada uno de los métodos de instalación de teja asfáltica presenta fortalezas y debilidades, ventajas y desventajas. Haciendo un análisis de los costos por renglón entre los distintos métodos tenemos lo siguiente:

- **Material de Contrapiso**

Como se menciona anteriormente, la cantidad de material de contrapiso a utilizar, redonda en el patrón de instalación que se utilice; podemos darnos cuenta según la figura 37, que existe una diferencia de aproximadamente un quetzal por metro cuadrado para el método "escalonado en columna" respecto del método "doce por cinco", mientras que para el método "seis por seis" se tiene una diferencia de aproximadamente quetzal, resultando entonces, para este renglón, el método "escalonado en columna" el más ventajoso desde el punto de vista de costos.

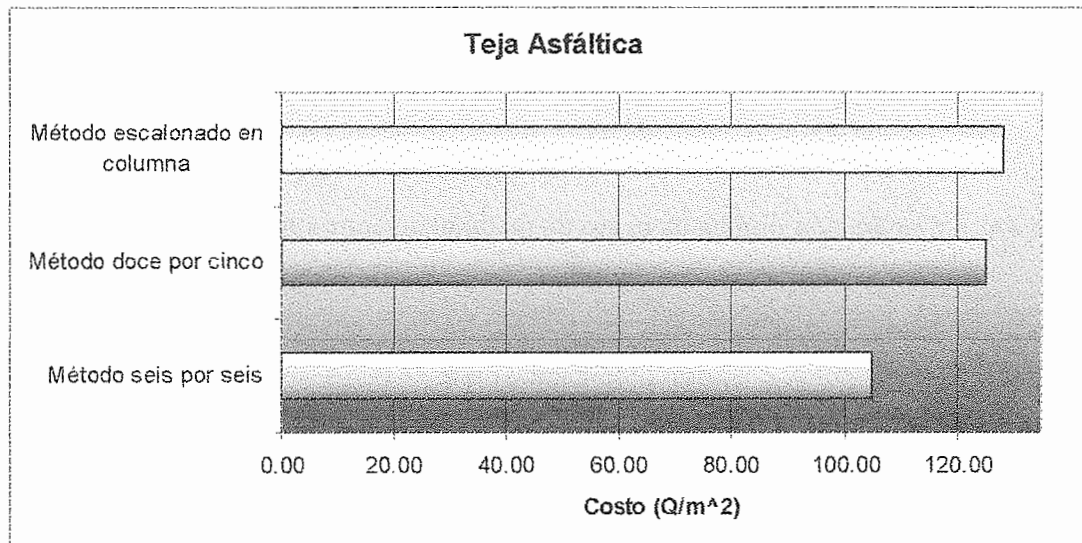
**Figura 37. Comparación gráfica de costo de material de contrapiso entre los tres métodos**



- Teja asfáltica

La cantidad de teja asfáltica que se utiliza para cada uno de los métodos, tiene un cambio bastante notable, resultando el método "seis por seis", el más ventajoso sobre los métodos "escalonado en columna" y "doce por cinco". Es interesante notar que aunque el patrón de instalación del método escalonado en columna es mas sencillo, requerirá una cantidad mayor de teja que los otros dos debido a que en los patrones de los métodos "doce por cinco" y "seis por seis" se pueden utilizar con mayor eficiencia los residuos de los cortes incrementales que se hacen a las tejas cada vez que se repite un patrón de instalación.

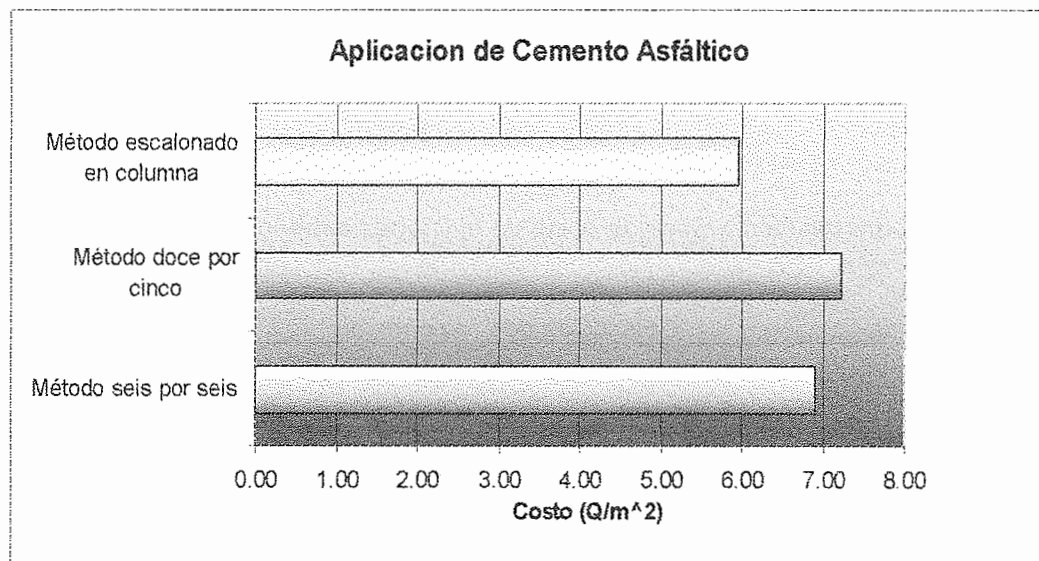
**Figura 38. Comparación gráfica de costo de teja asfáltica entre los tres métodos**



- **Cemento Asfáltico**

La cantidad de cemento asfáltico a aplicar, se hace mayor en el patrón que mas juntas requiere, y para los tres métodos en cuestión; podemos observar que el método "doce por cinco", es el que mayor costo por metro cuadrado implica, debido al entramado.

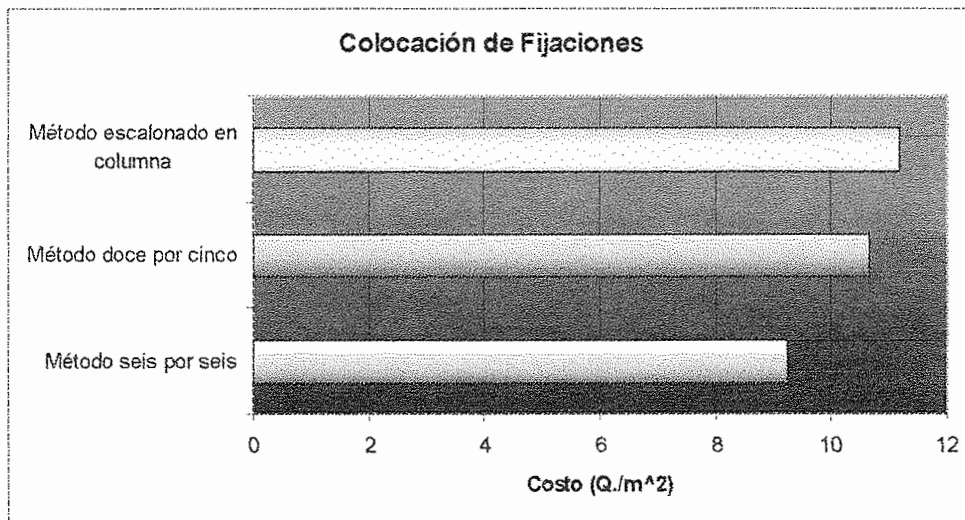
**Figura 39. Comparación gráfica de costo de cemento asfáltico entre los tres métodos**



- Colocación de fijaciones

La cantidad de fijaciones, como se vio anteriormente, estará determinada por la necesidad de dar un correcto entramado a las tejas, esto con el fin de evitar posibles filtraciones de agua o el desprendimiento mismo de las tejas. Una fijación es una sujeción mecánica que ancla las tejas al material de piso base, pero como se observa, este anclado puede hacerse también por medio del patrón y de la combinación de la superposición de tejas, resultando mas eficiente el método "seis por seis", es decir el que debido a su patrón de instalación, requiere menos fijaciones.

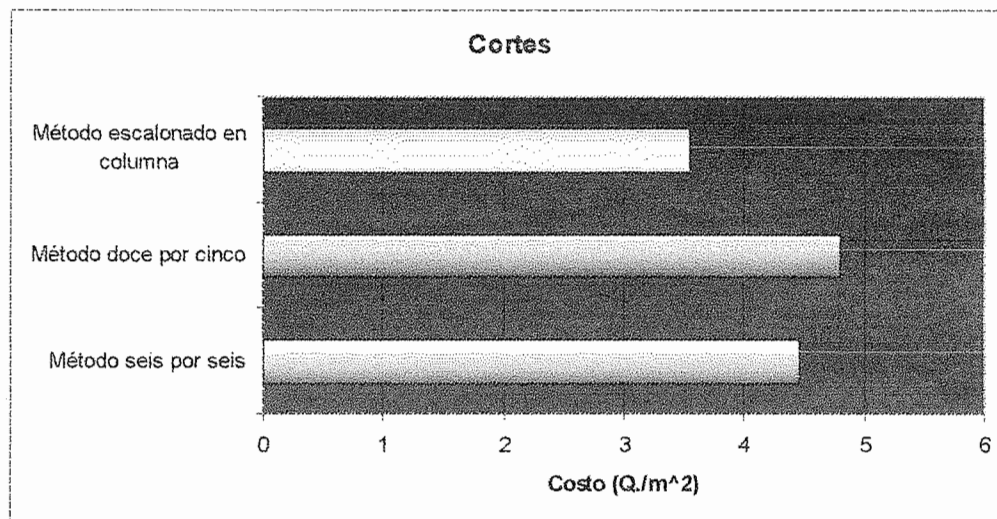
Figura 40. Comparación gráfica de costo de fijaciones entre los tres métodos



- Cortes

El costo que implican los cortes, están directamente relacionados con el tiempo que estos implican, aunado a esto, la cantidad de cortes representará una mayor o menor cantidad de desperdicio y por ende recuperación de material para poder repetir el siguiente patrón; por lo que resulta interesante ver que aunque el costo relacionado por cortes para el método "escalonado en columna" es el mas bajo, el costo de fijaciones y de teja asfáltica es el más alto.

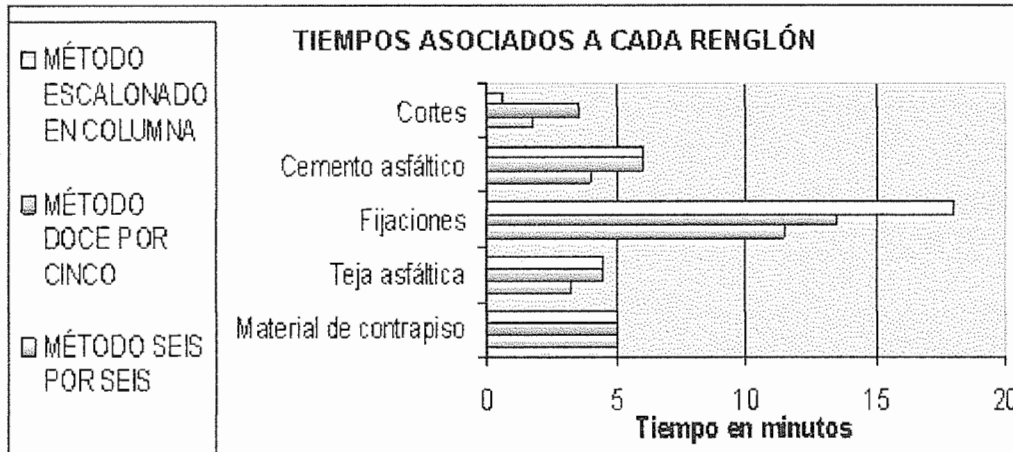
**Figura 41. Comparación gráfica de costo por cortes entre los tres métodos**



- Tiempos asociados a los renglones

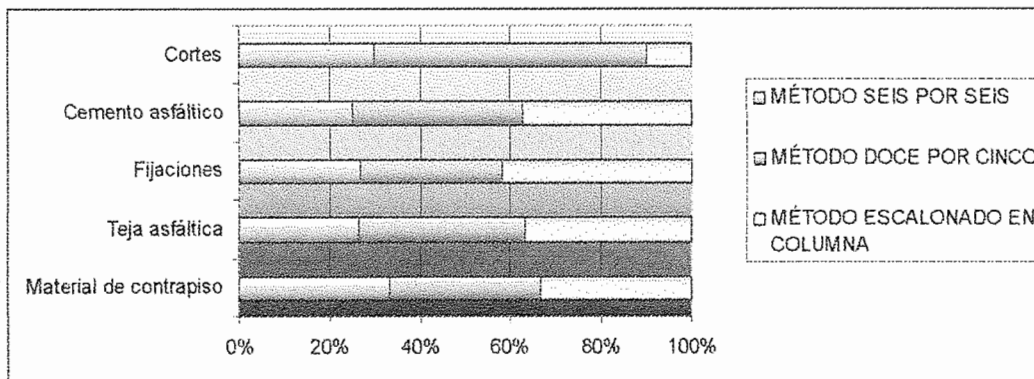
Se puede notar según el gráfico siguiente, que la actividad que mayor tiempo demanda para la instalación de teja asfáltica es la colocación adecuada de fijaciones, seguido de la cantidad de cortes que se elaboran para el patrón de instalación de las tejas.

**Figura 42. Comparación gráfica de tiempos asociados a cada renglón entre los tres métodos**



En la figura 43, podemos observar cuanto aporta cada método en porcentaje, del total necesario para realizar cada una de las actividades, siendo el método "seis por seis" el que en promedio resulta con tiempos más cortos.

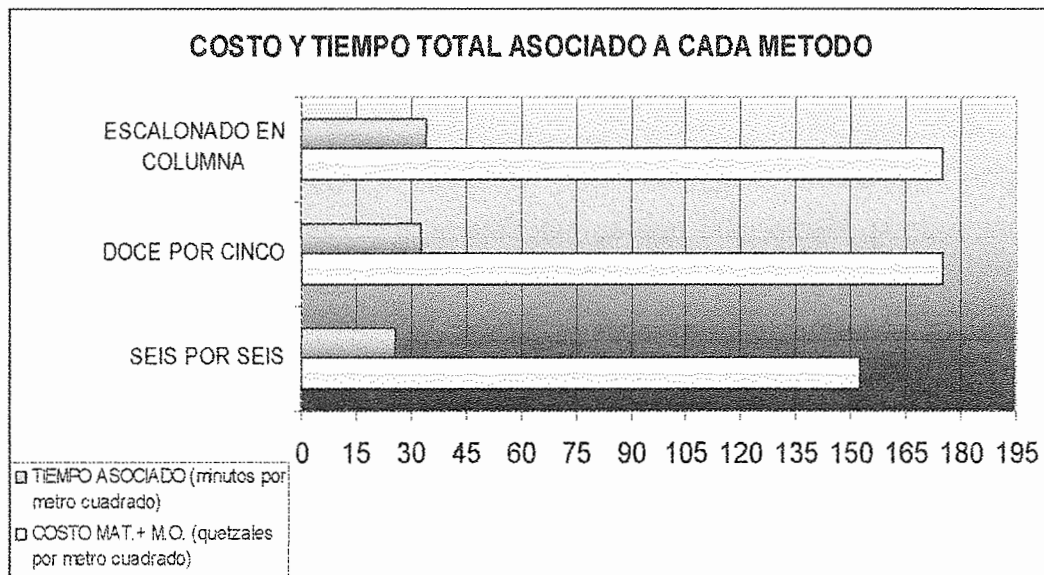
**Figura 43. Comparación de la aportación por renglón al tiempo total de instalación entre los tres métodos"**





Evaluando el costo total y tiempos totales para los distintos métodos tenemos lo siguiente:

Figura 44. Comparación gráfica de costo y tiempo total entre los tres métodos



Se puede observar entonces, que en tiempo medio de instalación, así como en costo, los métodos "doce por cinco" y "escalonado en columna" presentan valores casi idénticos, mientras que el método "seis por seis" se mantiene bastante debajo de estos.

Si se evaluara el rendimiento en obra de cada uno de los métodos, se puede observar del gráfico anterior, que el método "seis por seis" presenta grandes ventajas por permitirnos mantener un patrón bastante regular y no tan difícil de replicar; pero que en naves muy extensas disminuye pues es un patrón pequeño y consumirá más tiempo a medida que avancemos hacia la cumbre; caso contrario para el método "doce por cinco", cuyo patrón resulta bastante laborioso, pero hace que a medida que se avanza, se reduzca el tiempo para cubrir más metros cuadrados en la medida que nos acercamos hacia la parte superior del techo.

Si tomamos en cuenta el costo, por ejemplo de cubrir una determinada nave de techo, la geometría de la misma hará que el método que seleccionemos sea más eficiente respecto a los demás, debido a que los tres métodos anteriores son eficaces y se ajustan a cualquier volumetría de techo.

## CONCLUSIONES

1. La correcta estimación del área del tejado, traslapes (limahoyas), aleros y cumbreras, es un factor determinante para calcular la cantidad de material necesario para la cubierta de techo, y por ende, tener noción del costo preliminar.
2. Los factores prioritarios, que resultan ser más críticos al momento de evaluar el rendimiento en obra, al aplicar cualquiera de los tres métodos de colocación asfáltica son: La cantidad de fijaciones y el costo del metro cuadrado de teja asfáltica.
3. Los métodos de colocación de teja que comprenden patrones de pocas hileras por repetición, al igual que los métodos que implican demasiadas hileras para volver a repetir un patrón ("escalonado en columna" y "doce por cinco" respectivamente), incurren en un mayor tiempo de instalación para cubrir un mismo tejado.
4. Es importante tomar en cuenta que independientemente de el método de instalación que se elija, el material que se instale este certificado por el fabricante que cumpla con las especificaciones mínimas descritas en el capítulo tres.

5. El método "seis por seis" se considera el método que proporciona mejor rendimiento, tanto en costo como en tiempo, para tejados no mayores de 200 metros cuadrados.
  
6. Al momento de elegir uno de los métodos de instalación de teja asfáltica resulta necesario tomar en cuenta aspectos como: volumetría del techo a cubrir con teja asfáltica, subida del techo, pendiente del techo, condiciones climatológicas del lugar en donde se desee implementar; ya que tales condiciones pesarán sobre el posible menor costo y tiempo de instalación que uno u otro método represente.
  
7. Para la sujeción de tejas asfálticas es conveniente el uso de tachuelones de acero galvanizado de doble inmersión, aluminio, cobre o acero inoxidable en vez de grapas ya que las tejas pueden desprenderse o no sellarán correctamente dando lugar a filtraciones de agua.

## RECOMENDACIONES

1. Al momento de elegir uno u otro método de instalación de los anteriormente evaluados, se debe tomar en cuenta el factor estético; ya que aunque un método de instalación presente un mejor rendimiento, es decir, un menor costo y tiempo de instalación, puede hacer que áreas de techado muy grandes (mayores a 200 metros cuadrados), el patrón propio de cada método se pierda, resultando una cubierta de techo poco agradable.
2. Para pendientes de techo poco pronunciadas, se recomienda utilizar el método “seis por seis”, debido a las ventajas que ofrece por lo propio del patrón de instalación.
3. En donde ocurran traslapes entre vertientes (limahoyas) mayores de tres metros, se recomienda utilizar el método “escalonado en columna”, debido a que asegurara que al combinarse, por ejemplo con el método “doce por cinco”, las infiltraciones y posible erosión causada por el agua, no dañe el material de piso base.
4. Si la teja a instalar no posee alguna certificación de calidad de sus características físicas y mecánicas (UL, o ASTM), es importante realizar los ensayos descritos en el capítulo tres de esta tesis, esto con el fin de saber las limitantes o posibles condiciones en las que se puede o no instalar dicha teja.



## BIBLIOGRAFÍA

1. American Society for Testing and Materials, **ASTM D3161 - 09 Standard Test Method for Wind-Resistance of Asphalt Shingles (Fan-Induced Method)**. Volumen 04.04. Estados Unidos de America: 2009. 03 págs.
2. American Society for Testing and Materials, **ASTM D3462-03 Standard Specification for Asphalt Shingles Made from Glass Felt and Surfaced with Mineral Granules**. Volumen 04.04 Estados Unidos de America: 2003. 05 págs.
3. American Society for Testing and Materials, **ASTM D6381-03 Standard Test Method for Measurement of Asphalt Shingle Tab Mechanical Uplift Resistance**. Volumen 04.04. Estados Unidos de America: 2003. 09 págs.
4. Ask the builder. **Techado**. Ask the building: Estados Unidos de America, 2010. 02 págs. Disponible en: [http://www.askthebuilder.com/B148\\_Aspphalt\\_Shingle\\_Installation\\_Tips\\_.shtml](http://www.askthebuilder.com/B148_Aspphalt_Shingle_Installation_Tips_.shtml)
5. B.C. Shake & Shingle Association, **Instructivo para la aplicación de Shakes y shingles**. Canadá: 2003. 17 págs.

6. Certain Teed, **Master Shingle Applicator**. Estados Unidos de América: 2004, 185 págs.
7. Home Concepts California. **Cubiertas de techo**. Home Concepts: Estados Unidos de America, 2009. 03 págs. Disponible en: [http://www.homeconcepts.ca/miscellaneous/resourcedrawings/Floor%20Plans%20Detail%20-Cedar\\_Shingle%20\\_Installation.pdf](http://www.homeconcepts.ca/miscellaneous/resourcedrawings/Floor%20Plans%20Detail%20-Cedar_Shingle%20_Installation.pdf)
8. IKO ROOFING, **Blueprint for Roofing: Shingle application guide for laminated and 3-Tab design**. Canadá: 2005. 34 págs.
9. Owens Corning, **HP Shingles installation instructions**. Estados Unidos de América. 2003, 7 págs.