



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS**

**L**as autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

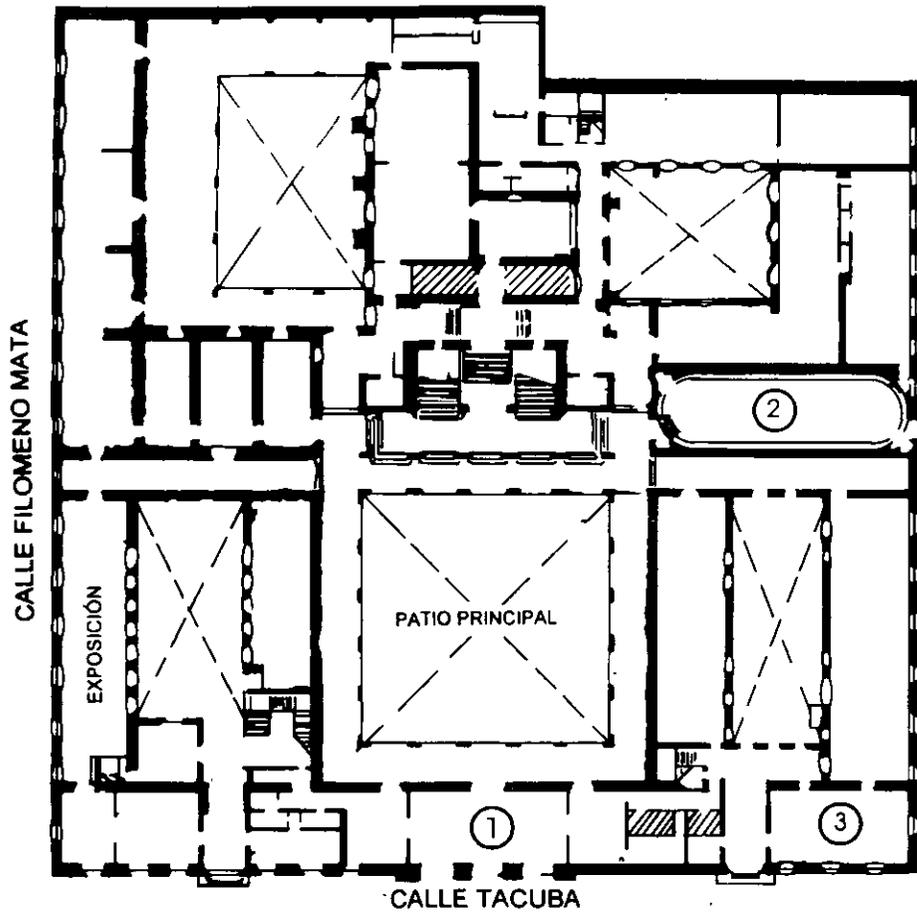
Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

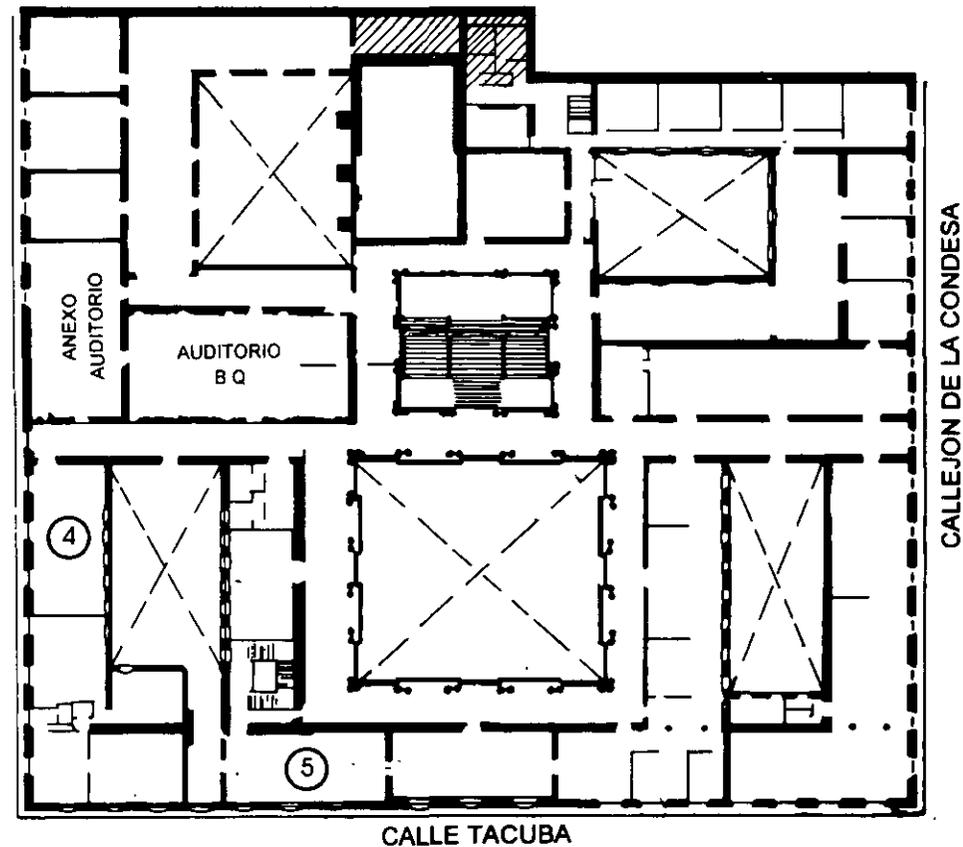
Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

**Atentamente  
División de Educación Continua.**

# PALACIO DE MINERIA

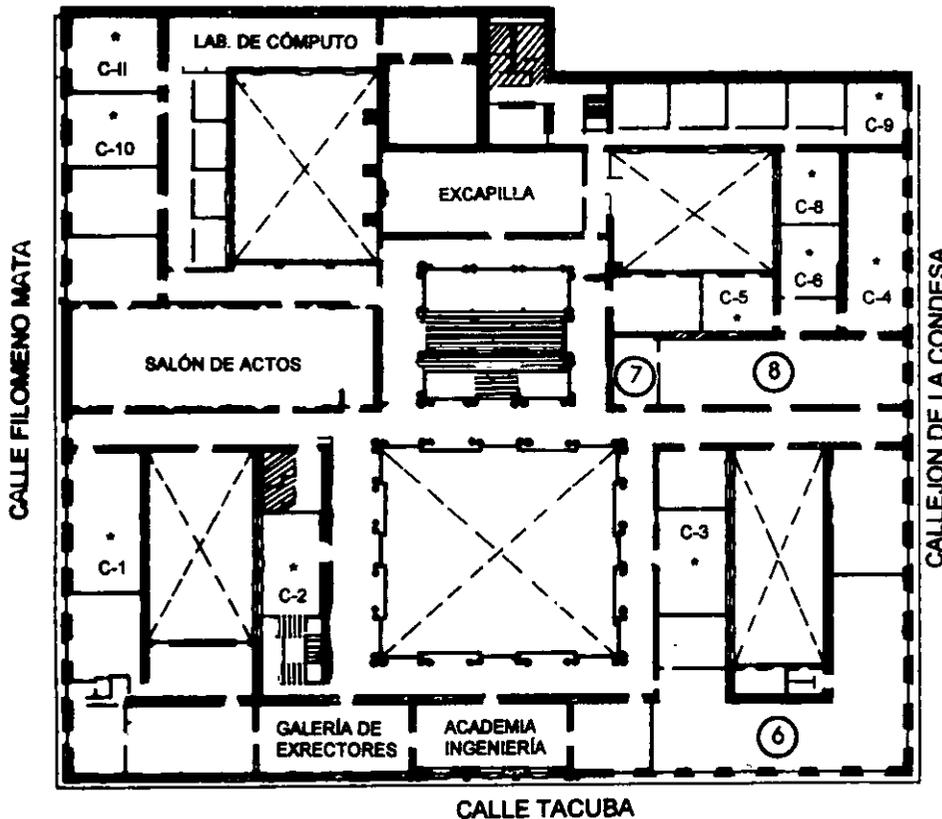


**PLANTA BAJA**



**MEZZANINNE**

# PALACIO DE MINERÍA



## GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
  2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
  3. LIBRERÍA UNAM
  4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
  5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
  6. OFICINAS GENERALES
  7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
  8. SALA DE DESCANSO
- SANTARIOS
- \* AULAS

**1er. PISO**



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.  
CURSOS IERTOS





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO INTERNACIONAL EN  
RIESGO AMBIENTAL**

**MODULO I: INTRODUCCION AL RIESGO AMBIENTAL**

**TEMA**

**INTRODUCCION**

**EXPOSITOR: ING. BERNARDO AGUILAR CALVO  
PALACIO DE MINERIA  
JUNIO 2001**

# Riesgo Ambiental

## Diplomado Internacional 2001



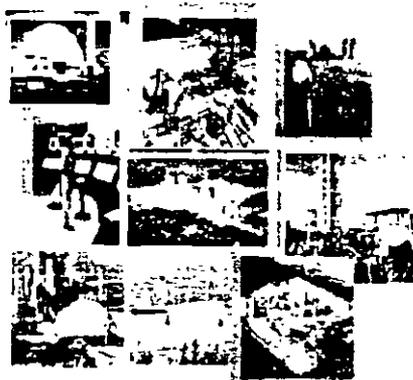
## Introducción al Riesgo Ambiental

La definición de Riesgo en la literatura científica especializada más aceptada es la siguiente:

*"Es la medida de un peligro, combinando una medición de la probabilidad de ocurrencia de un evento indeseable con una medida de sus efectos o consecuencias"*

En el caso de "evaluación de riesgo ambiental", implica la determinación de las tres variables principales siguientes, que influyen en los efectos ambientales adversos:

- Probabilidad de ocurrencia del evento indeseable.
- Naturaleza del riesgo
- Magnitud del riesgo



# Introducción al Riesgo Ambiental

## Antecedentes

Las grandes y catastróficos accidentes industriales sucedidos en todo el mundo, tales como el de Bophal en India, obligaron a las autoridades de cada país, a empezar a implementar acciones específicas para llevar a cabo la evaluación del riesgo ambiental de los proyectos o actividades, que conllevan un elevado potencial de afectación a su entorno en caso de un accidente

México no podía estar exento a este tipo de calamidad, y en 1984 se suscita un gran accidente en las instalaciones de almacenamiento y distribución de gas, de Petróleos Mexicanos ubicadas en San Juan Ixhuatepec, Edo de Mexico.

En dicho accidente, se conjuntaron diversos factores que hicieron que la magnitud del evento se viera incrementado de manera exponencial, por un lado de presencia de asentamientos humanos en la vecindad de las instalaciones, por otro, la carencia de programas de emergencia que pudieran responder de manera eficiente cualquier contingencia, de igual forma también influyó la presencia de otro tipo de actividades comerciales e industriales incompatibles en la zona, en fin todos estos factores influyeron para que el accidente ocasionara grandes afectaciones a la población sus bienes y al medio ambiente.



# Introducción al Riesgo Ambiental

## Antecedentes

Bajo estas circunstancias, en 1986 las autoridades de la entonces Subsecretaría de Ecología decidieron crear la Subdirección de Riesgo dentro de la Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente entra en vigor el 1º de marzo de 1988, y por primera vez en México quedan dentro de preceptos legales, los relativos a la evaluación del riesgo ambiental de proyectos de obra o actividad, diferenciando claramente las dos grandes líneas de acción, las de la prevención y el control.

A raíz del trágico accidente de 1992, en la ciudad de Guadalajara, Jalisco, se pudo observar la trascendencia, de llevar a cabo la regulación de las Actividades Altamente Riesgosas, situación que obligó al Ejecutivo Federal a ordenar que se llevará a cabo un amplio programa para prevenir los accidentes de origen industrial, ordenándose 10 acciones principales, en la que destaca la primera que se refiere a la realización de estudios de riesgo a las empresas altamente riesgosas de cada entidad federativa



## **Introducción al Riesgo Ambiental**

Algunas definiciones de conceptos relacionados con riesgo, incluyen las siguientes.

Peligro.- Propiedad inherente de sustancias, actividades, productos, servicios o cosa, que le confiere la capacidad de poder causar efectos adversos al ambiente y/o seres humanos.

Accidente.- Evento que tiene o responsable de tener catastróficas consecuencias.

Incidente.- Evento que tiene o posiblemente tenga efectos o consecuencias críticas.

Seguridad (medición) - Probabilidad de que una entidad no cause, bajo condiciones dadas, eventos críticos o catastróficos.

Seguridad (comportamiento).- Habilidad de una entidad de no causar eventos críticos o catastróficos, bajo condiciones dadas.

## Introducción al Riesgo Ambiental

El riesgo ambiental se define como la probabilidad de que ocurran accidentes mayores que involucren a los materiales peligrosos que se manejan en las actividades altamente riesgosas, que puedan trascender los límites de sus instalaciones y afectar adversamente a la población, los bienes, al ambiente y los ecosistemas.

La evaluación de dicho riesgo comprende la determinación de los alcances de los accidentes y la intensidad de los efectos adversos en diferentes radios de afectación



## Introducción al Riesgo Ambiental

### *¿Cómo se definen los accidentes de alto riesgo ambiental?*

En este contexto, se entiende como accidente de alto riesgo ambiental.

*Una explosión, incendio, fuga o derrame súbito que resulte de un proceso en el curso de las actividades de cualquier establecimiento, así como en ductos, en los que intervengan uno o varios materiales o sustancias peligrosos y que suponga un peligro grave (de manifestación inmediata o retardada, reversible o irreversible) para la población, los bienes, el ambiente y los ecosistemas.*

## Introducción al Riesgo Ambiental

A este tipo de accidentes se les considera, también, como accidentes mayores e incluyen los tipos siguientes:

- Cualquier liberación de una sustancia peligrosa, en la que la cantidad total liberada sea mayor a la que se haya fijado como umbral o límite
- Cualquier fuego mayor que de lugar a la elevación de radiación térmica en el lugar o límite de la planta o instalación.
- Cualquier explosión de vapor o gas que pueda ocasionar ondas de sobrepresión .
- Cualquier explosión de una sustancia reactiva o explosiva que pueda afectar a edificios o plantas, en la vecindad inmediata, tanto como para dañarlos o volverlos inoperantes por un tiempo. Cualquier liberación de sustancias tóxicas, en la que la cantidad liberada pueda ser suficiente para alcanzar una concentración igual o por arriba del nivel que representa un peligro inmediato para la vida o la salud humana, en áreas aledañas a la fuente emisora.
- En el caso del transporte, se considera como un accidente, el que involucre la fuga o derrame de cantidades considerables de materiales o residuos peligrosos que pueden causar la afectación severa de la salud de la población y/o del ambiente.

## Introducción al Riesgo Ambiental

**¿Cuáles son los efectos en la salud y el ambiente como resultado de explosiones, incendios, fugas y derrames de materiales peligrosos?**

Una explosión puede ocasionar ondas expansivas y la generación de proyectiles que pueden causar la muerte o lesiones a los individuos que se encuentren en el radio de afectación, ocasionar daños a los edificios, al colapsar muros y romper ventanas

Los incendios pueden provocar quemaduras de diverso grado de severidad, como resultado de la exposición a radiaciones térmicas, cuya magnitud depende de la intensidad del calor y del tiempo que dure la exposición. La muerte de los individuos expuestos a un incendio puede producirse, además, como consecuencia de la disminución del oxígeno de la atmósfera al consumirse durante el proceso de combustión, aunado a lo cual pueden ocurrir intoxicaciones por exposición a gases tóxicos generados en el proceso de combustión de los materiales



## Introducción al Riesgo Ambiental

El escape de una mezcla turbulenta de líquido y gas que se expande rápidamente en el aire como una nube, puede dar lugar a una bola de fuego al inflamarse, ocasionando muertes y quemaduras graves a varios cientos de metros del depósito dañado

Los riesgos de un accidente mayor en el que se liberen concentraciones elevadas de sustancias tóxicas, guardan relación con una exposición aguda durante e inmediatamente después del accidente, más que con una exposición de larga duración.

La magnitud de los efectos de la exposición a nubes tóxicas, depende de las concentraciones que alcancen las sustancias contenidas en ellas y de la duración de la exposición.



# Estudios de Riesgo

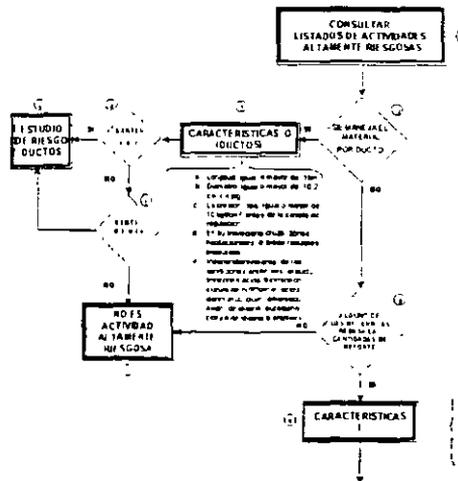
Las actividades consideradas altamente riesgosas requieren desarrollar un estudio de riesgo, cuya complejidad está en función de la actividad propia de la instalación de acuerdo al diagrama que define el nivel de información necesaria para su evaluación. En este sentido, en México actualmente se cuenta con una guía única que establece tres niveles de información y un nivel específico para el caso de ductos terrestres.



Por lo anterior, tanto los nuevos proyectos de instalaciones, como las instalaciones en operación que realicen actividades altamente riesgosas, están obligados a sujetarse a la realización de un estudio de riesgo.

# Estudios de Riesgo

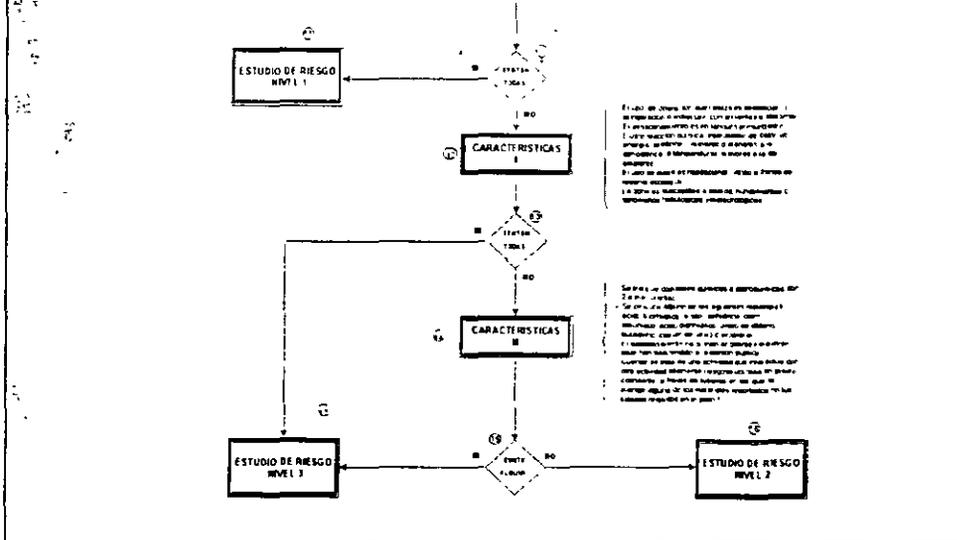
## Procedimiento para determinar el nivel del estudio de riesgo



Si se cumplen una o más de las características mencionadas, se debe hacer un estudio de riesgo. Si no se cumplen, no se debe hacer un estudio de riesgo. Si se cumplen una o más de las características mencionadas, se debe hacer un estudio de riesgo.

# Estudios de Riesgo

## Procedimiento para determinar el nivel del estudio de riesgo



# Estudios de Riesgo

## CONTENIDO DE UN ESTUDIO DE RIESGO

**CAPÍTULO I. DATOS GENERALES**

**CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN**

**CAPÍTULO III. ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO**

**CAPÍTULO IV. INTEGRACIÓN DEL PROYECTO A LAS POLÍTICAS MARCADAS EN EL PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO LOCAL**

**CAPÍTULO V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

**CAPÍTULO VI. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS**

**CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

**CAPÍTULO VIII. ANEXO FOTOGRÁFICO**

# Estudios de Riesgo

## *¿Qué métodos se emplean para la realización de estudios de riesgo?*

Para la identificación y jerarquización de riesgos se puede recurrir a los siguientes métodos, la selección de éstos depende del nivel de estudio de riesgo que corresponda a la actividad en particular:

- Lista de verificación
- ¿Qué pasa si?
- Análisis de Modo, Falla y Efecto (AMFE)
- HAZOP
- Arbol de fallas
- Índice DOW
- Índice MOND

## *¿Qué herramientas se emplean para la realización de estudios de riesgo?*

Una parte de la información contenida en el estudio de riesgo es la evaluación de riesgos o de consecuencias; en la cual, para los riesgos identificados y jerarquizados a través de alguna o algunas de las metodologías mencionadas en el punto anterior, se determina las áreas de afectación a través de modelos matemáticos de simulación

Los principales modelos que actualmente se utilizan para la evaluación de riesgos, son: PHAST, TRACE, SCRI, ARCHIE, SPILL, ALOHA, SCREEN.

## Estudios de Riesgo

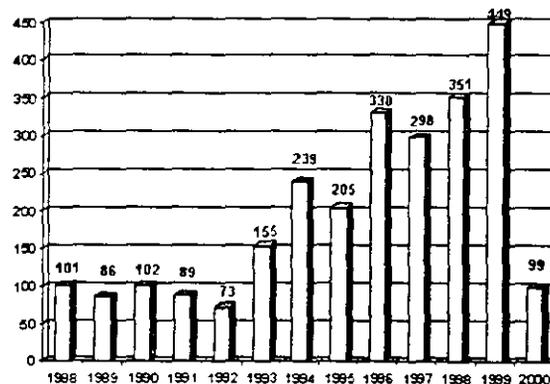
### ¿Que elementos se obtienen del estudio de riesgo?

Un estudio de riesgo debe permitir, entre otros, determinar:

- La probabilidad de que ocurran accidentes por explosión, incendio, fuga o derrame que involucre materiales peligrosos
- Los posibles radios de afectación fuera de las instalaciones correspondientes;
- La severidad de la afectación en los distintos radios;
- Las medidas de seguridad a implantar para prevenir que ocurran los accidentes;
- El Programa de Emergencia Interno en caso de que ocurra un accidente.

## Estudios de Riesgo

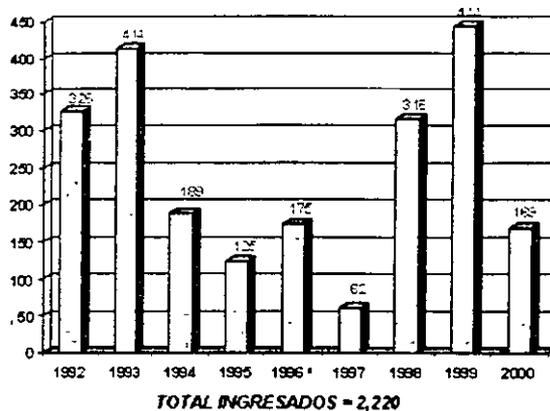
### Evolución del desarrollo de estudios de riesgo en nuevos proyectos 1988-Mayo 2000



TOTAL INGRESADOS - 2,577

# Estudios de Riesgo

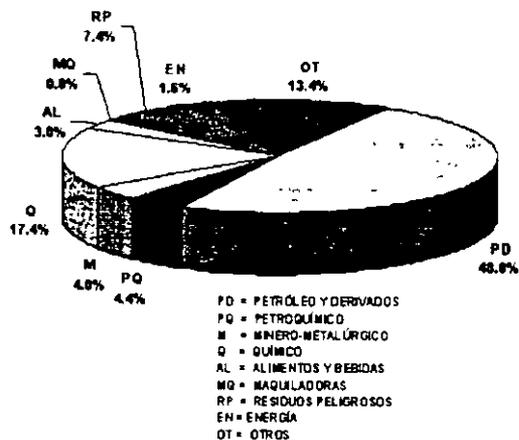
Evolución del desarrollo de estudios de riesgo en plantas en operación 1992-Mayo 2000



(\*) Año en que se reformó la Ley y se hizo obligatorio el Estudio de Riesgo en Plantas en Operación

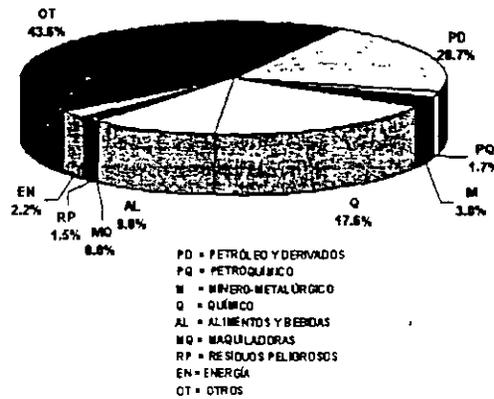
# Estudios de Riesgo

Distribución de los estudios de riesgo de nuevos proyectos por tipo de sector industrial o de servicios 1988-Mayo 2000



# Estudios de Riesgo

Distribución de los estudios de riesgo de plantas en operación por tipo de sector industrial o de servicios 1992-Mayo 2000



# Estudios de Riesgo

Distribución geográfica de las empresas que han realizado estudios de riesgo de nuevos proyectos 1988-Mayo 2000



# Estudios de Riesgo

Distribución geográfica de las empresas que han realizado estudios de riesgo de plantas en operación 1992-Mayo 2000



## Administración de riesgos

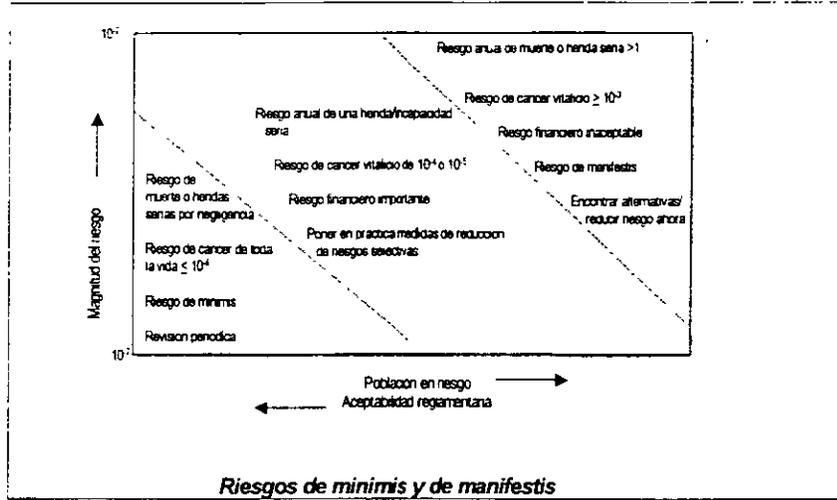
La Administración de Riesgos es el proceso de evaluar y, de ser necesario, controlar fuentes de exposición y riesgos, incluyendo criterios de economía, política, riesgos de competencia y equidad y otras preocupaciones sociales

**Ideal de riesgo-cero.** De acuerdo con el principio de riesgo-cero, ningún riesgo puede ser tolerado, sin importar lo pequeño que sea y cualesquiera que sean los beneficios para la sociedad. Sin embargo en la práctica no vivimos ni podemos vivir en un mundo libre de riesgos. Siempre existe el riesgo de antecedente de fuentes naturales y un riesgo "pequeño" parecería preferible si puede evitarse un riesgo mayor.

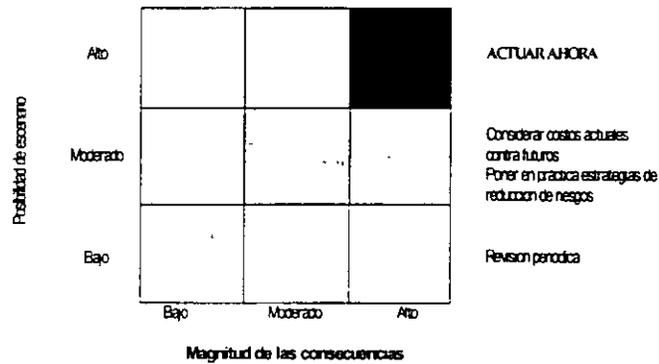
**Riesgos de Minimis y de Manifestis.** El principio de Minimis significa que hay algunos niveles de riesgo que son tan triviales que no merece la pena ocuparse de ellos ("La Ley no se ocupa de insignificancias"). Si bien es un concepto atractivo, es difícil definir un nivel de Minimis para la sociedad entera. Es comprensible que las autoridades reglamentarias se muestren reuentes a ser explícitas acerca de un riesgo aceptable, pero un riesgo de vida entera en el orden de uno en un millón ( $1 \times 10^{-6}$ , o 0.000001) para el público en general, con frecuencia es considerado aceptable en gran parte del mundo industrial.

Al otro extremo del espectro está el riesgo de **Manifestis**, esto es, un riesgo tan obvio que debe ser controlado sin importar su costo. Un riesgo de más de uno en un millar ( $10^{-3}$ ) se encuentra en esta categoría y muy probablemente provocará una acción reglamentaria.

# Administración de riesgos



# Administración de riesgos



**Prioridades de administración de riesgos**

## **Administración de riesgos Análisis de Peligros - Método Zurich**

### **Definición del ámbito**

- El Ámbito del Análisis de Peligros debe de ser cuidadosa y detalladamente definido, y deberá considerar las fases de desarrollo a evaluar. Este es un cometido típico de la gerencia y/o del grupo de trabajo.
- Es un requisito previo para poder definir un ámbito claramente y con éxito. Un ámbito muy ambicioso puede comprometer el éxito del análisis. Se recomienda comenzar con un ámbito limitado y luego extenderlo a las áreas problemáticas durante el análisis.
- Cualquiera que sea el origen y combinación de las partes, el sistema o producto a analizar es aquel definido por el ámbito del Análisis de Peligros. Que el ámbito se denomine sistema, proceso o producto, depende básicamente del punto de vista de cada cual y de las implicaciones jurídicas y/o contractuales existentes.
- Una vez definido el ámbito, es necesario documentar la información a emplear. Se deben listar los planos con su estado de revisión, y los resultados del desarrollo de las investigaciones, debidamente calificados y fechados. Con una base disponible, clara y bien definida, el Análisis de Peligros se puede mantener fácilmente al día o ampliar cuando sea necesario.

## **Administración de riesgos Análisis de Peligros - Método Zurich**

### **El grupo de trabajo**

- La composición del Grupo de trabajo, la selección de su Jefe y la compatibilidad de sus miembros son los factores determinantes del resultado final del método de Análisis de Peligros. Si el análisis lo realiza solo una persona, los resultados no podrán ser mejores que lo que permiten sus propios conocimientos y la documentación de soporte disponible.
- Si se puede formar un grupo con varias personas, todas especialistas en sus campos respectivos, los resultados representarán el conjunto de conocimientos de ese grupo y de su documentación de soporte. Un grupo tal podrá, por ejemplo, tener un conocimiento exhaustivo de las normas, especificaciones y reglamentaciones aplicables al ámbito del análisis.
- El Grupo de trabajo, además del jefe del grupo, consistiría típicamente en un número mínimo de especialistas de las áreas de investigación, diseño, producción, control de calidad, seguridad y protección, ventas, servicios y análisis de mercados. El Jefe del grupo deberá ser preferiblemente independiente del grupo de análisis, o representar las áreas de Seguridad y Protección. El Jefe del grupo tiene la tarea difícil y desafiante de amoldar los miembros, formando un grupo eficiente donde todos, con una mente abierta, contribuyan al éxito del análisis.

## Administración de riesgos

### Análisis de Peligros - Método Zurich

#### Identificación de peligros

Cuanto más completa y precisa sea la identificación de los peligros pertinentes por las personas a cargo del análisis, mayores serán las probabilidades de realizar un análisis integral de peligros.

Una ayuda efectiva para esta actividad dentro del marco del Análisis de Peligros es una lista de estimulantes de ideas. Esta técnica contempla de forma secuencial cinco aspectos importantes de un producto, subsistema, sistema o proceso, claramente definidos.

- 1 El primero y tal vez el más obvio, se refiere a las características peligrosas del producto, subsistema, sistema o proceso tal como se haya definido en el ámbito ¿Existe algún peligro para las personas y/o el patrimonio?. Así, el primer punto se refiere fundamentalmente a los peligros de los materiales usados, y a las vanas formas de energía presentes en el diseño.
- 2 El segundo aspecto, el cual normalmente requiere más imaginación, cubre la posibilidad de un mal funcionamiento del mismo ámbito ¿Puede éste llegar a ser peligroso debido a un mal funcionamiento? A este respecto, se estudian principalmente fallos que en condiciones normales no ocurrirían y al mismo tiempo se incluyen tanto el Hardware como el Software.

## Administración de riesgos

### Análisis de Peligros - Método Zurich

#### Identificación de peligros

- 3 El tercer aspecto en la identificación de los peligros, se refiere a las influencias del entorno del ámbito definido ¿Puede el entorno del ámbito influenciar negativamente su función volviendolo peligroso?. Se tendrán que considerar todos los aspectos procedentes del exterior del ámbito definido, incluyéndose por lo tanto causas externas que afecten el Hardware y Software dentro de dicho ámbito
- 4 El cuarto punto se refiere a la operación y uso previstos y deseados del ámbito. ¿Hay alguna operación y/o uso que podría ser peligroso?. Aquí se hace énfasis a la interfaz hombre/máquina, la cual incluye aspectos ergonómicos y de posible uso inapropiado
- 5 Finalmente, como quinto aspecto, se investiga el *Ciclo de Vida* ¿Cuáles son los cambios potenciales que pueden tener lugar a lo largo de la vida del producto, subsistema, sistema, proceso o instalación que se haya definido en el ámbito y que puedan introducir peligros? Este último punto se refiere a los peligros introducidos por el elemento tiempo, e incluye envejecimiento, cambios en el diseño y/o en la organización, así como su desecho.

## Administración de riesgos Análisis de Peligros - Método Zurich Catálogo de peligros

El mecanismo desencadenante que hace que una amenaza potencial se convierta en una amenaza real se denomina **Causa**. Cada una de estas amenazas o peligros potenciales puede tener varias causas potenciales, las cuales pueden ser enumeradas como un grupo o como entidades separadas. El **Efecto** es la consecuencia posible de un **Evento** desencadenado. Cada causa potencial puede tener uno o varios efectos los cuales, a su vez, se pueden enumerar separadamente o en grupo. Esta relación consecutiva de peligros, causas potenciales y sus posibles efectos, junto con la evaluación del peligro, forman el **Catálogo de Peligros**.

Esta interacción, aunque crea alguna redundancia, permite un **Catálogo de Peligros** más completo. Esto se puede completar aun más con el uso deliberado de simulación de situaciones (**Escenarios**).

La **Evaluación del Peligro**, con respecto a la **Categoría del Efecto del Peligro** y al **Nivel de la Causa del Peligro**, se efectúa simultáneamente al listado de peligros, causas y efectos; donde cada peligro evaluado se numera consecutivamente.

## Administración de riesgos Análisis de Peligros - Método Zurich Catálogo de peligros

<<ZURICH>> RISA ENGINEERING	Análisis de Peligros <<Zurich>> CATALOGO DE PELIGROS Empresa Ambito	Pagina ___ de ___  Por/ fecha /			
n	Peligro	Causa	Nivel	Efecto	Categoría

## Administración de riesgos Análisis de Peligros - Método Zurich

### Evaluación de peligros

En el Análisis de Peligros, se evalúa normalmente para cada peligro del catálogo, la probabilidad relativa de ocurrencia de la causa potencial y la magnitud relativa del posible efecto

La probabilidad comparativa de que ocurra la causa potencial, se conoce también como el *Nivel de la Causa del Peligro*

La severidad comparativa de la ocurrencia de un posible efecto, se conoce como la *Categoría del Efecto del Peligro*

### Categoría del Efecto del Peligro

Para fijar la severidad relativa de la ocurrencia de un efecto posible, el Análisis de Peligros establece cuatro categorías, en orden decreciente de importancia

- I **Catastrófica.** Muerte, incapacidad total, gran pérdida de imagen de la Empresa; gran pérdida financiera; pérdida del Sistema.
- II **Crítica.** Lesión severa con incapacidad parcial, pérdida considerable de imagen; considerable pérdida financiera, pérdida parcial del Sistema.
- III **Marginal.** Lesión; pérdida temporal de imagen; pérdida financiera indirecta, daño al Sistema.
- IV **Insignificante.** Lesión menor, pérdida menor de imagen o financiera; daño menor al Sistema

## Administración de riesgos Análisis de Peligros - Método Zurich

### Nivel de la causa del peligro

Tipicamente, no hay cifras absolutas disponibles para valorar la probabilidad de fallo de algo nuevo o de algo que ha cambiado. Por esta razón el Análisis de Peligros utiliza una Probabilidad Relativa de Ocurrencia de una Causa Potencial con una escala de 6 niveles. En orden de importancia decreciente, se pueden describir, con respecto al ciclo de vida, como se indica a continuación

- A **Frecuente.** Ha ocurrido muchas veces o es posible que ocurra frecuentemente = límite superior
- B **Moderado.** Ha ocurrido varias veces
- C **Ocasional.** Ha ocurrido pocas veces
- D **Remoto.** Puede ocurrir
- E **Improbable.** Improbable que ocurra
- F **Imposible.** Prácticamente imposible = límite inferior

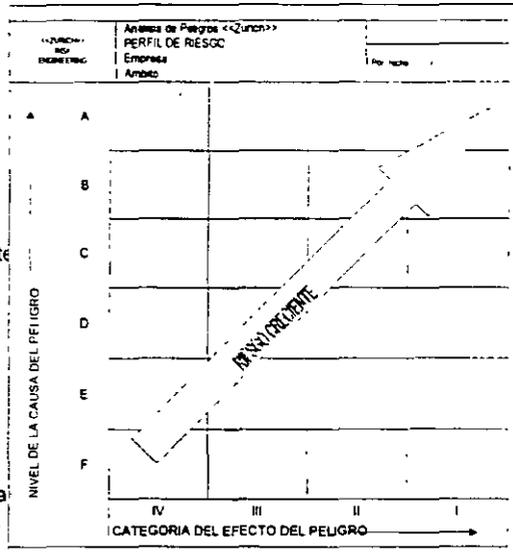
## Administración de riesgos Análisis de Peligros - Método Zurich

### Perfil de riesgos

La gráfica del *Perfil de Riesgo* se forma, colocando los seis *Niveles de la Causa del Peligro* en el eje vertical (ordenadas) y las cuatro *Categorías del Efecto del Peligro* en el eje horizontal (abscisas)

Al colocar los peligros consecutivamente numerados en el lugar correspondiente del perfil, se facilita la visibilidad requerida para conocer dónde está situado un riesgo con respecto a los demás

El *Perfil de Riesgo*, con sus varios usos, constituye por lo tanto un instrumento de decisión valioso, tanto para la gerencia, como para todo lo relativo a la Gerencia de Riesgos en general o a la Ingeniería de Riesgos en particular.

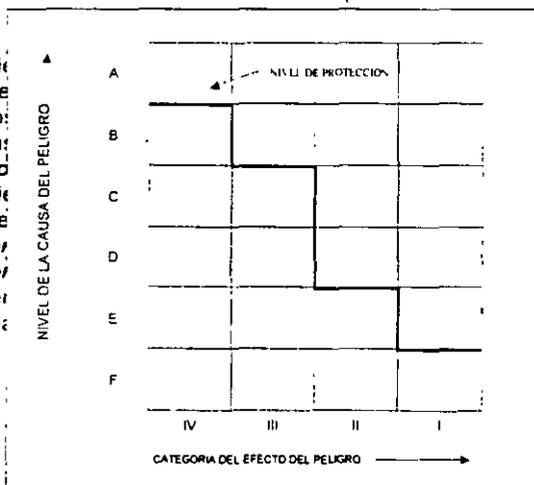


## Administración de riesgos Análisis de Peligros - Método Zurich

### Nivel de protección

Una parte importante de la política de riesgos de una Empresa, es el requerido *Nivel de Protección*. Los *Niveles de la Causa del Peligro* y las *Categorías del Efecto del Peligro* definidas y usadas en el Análisis de Peligros, permiten determinar el correspondiente *Nivel de Protección* deseado. Este *Nivel de Protección* se puede representar gráficamente en el *Perfil de riesgo*, por la línea correspondiente

A continuación se ilustra un ejemplo de un *Nivel de Protección* posible.



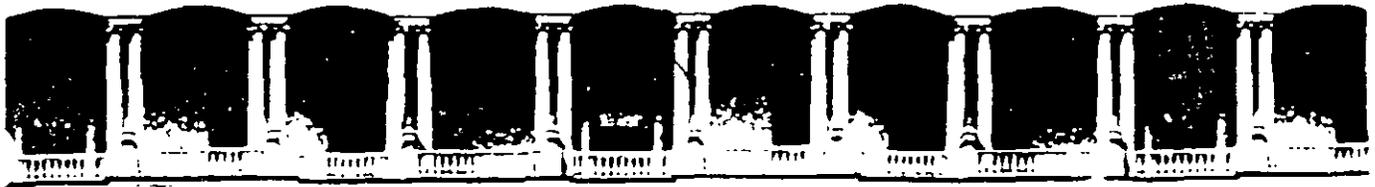


## **Administración de riesgos Análisis de Peligros - Método Zurich**

### **Reducción del riesgo**

Siguiendo las prioridades establecidas en el *Perfil de Riesgo*, a continuación se estudiara cada riesgo situado por encima del *Nivel de Protección*. Como regla general para la eliminación/reducción del riesgo, se recomienda utilizar la secuencia que se indica a continuación:

- 1 El primer paso es aquél que previene que exista una situación insegura, o que se pueda desencadenar un evento peligroso, eliminando completamente el efecto. Cualquier evento indeseable que se pueda prevenir, deberá ser prevenido y esto solamente dependerá de los medios disponibles.
- 2 En caso de que este primer paso no nos dé los resultados deseados, o que no sea razonablemente posible, entonces, como paso siguiente, se deberá intentar la protección contra la situación o evento peligroso potencial.
- 3 Si, debido a la naturaleza del objeto o a las circunstancias existentes, el segundo paso tampoco consigue el resultado deseado, entonces, como último paso, se deben minimizar las consecuencias que puedan generar una situación insegura o un evento peligroso.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO INTERNACIONAL EN  
RIESGO AMBIENTAL**

**MODULO I: INTRODUCCION AL RIESGO AMBIENTAL**

**TEMA**

**GUIA PARA LA ELABORACION DEL ESTUDIO DE RIESGO**

**EXPOSITOR: ING. BERNARDO AGUILAR CALVO  
PALACIO DE MINERIA  
JUNIO 2001**



## ANEXO NO. 2

### HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES

<b>NOMBRE DE LA EMPRESA:</b>		<b>FECHA DE REVISION:</b>	
FECHA DE ELABORACION:			
<b>SECCION I: DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA SUSTANCIA QUIMICA</b>			
1 - NOMBRE DEL FABRICANTE O IMPORTADOR.		2.-EN CASO DE EMERGENCIA COMUNICARSE A:	
		TELEFONO	
		FAX	
3 - DOMICILIO COMPLETO:			
CALLE	No. EXT	COLONIA	C.P
DELEG/MUNICIPIO	LOCALIDAD O POBLACION	ENTIDAD FEDERATIVA	
<b>SECCION II: DATOS GENERALES DE LA SUSTANCIA QUIMICA</b>			
1 NOMBRE COMERCIAL		2.- NOMBRE QUIMICO	
3.- PESO MOLECULAR		4 - FAMILIA QUIMICA	
5 - SINONIMOS		6.- OTROS DATOS	
<b>SECCION III: COMPONENTES RIESGOSOS</b>			
1.- % Y NOMBRE DE LOS COMPONENTES	2.- No CAS	3.- No. DE LA ONU	4.- CANCERIGENOS O TERATOGENICOS
5.- LIMITE MAXIMO PERMISIBLE DE CONCENTRACION	6.-IDLH/IPVS (ppm)	7 - GRADO DE RIESGO.	
		7.1 SALUD	7.2 INFLAMABILIDAD
<b>SECCION IV: PROPIEDADES FISICAS</b>			
1.- TEMPERATURA DE FUSION (°C)		2.- TEMPERATURA DE EBULLICION (°C)	
3.- PRESION DE VAPOR, (mmHg a 20 °C)		4 - DENSIDAD RELATIVA SOLIDOS Y LIQUIDOS (AGUA=1.00 a 4°C) GASES Y VAPORES ( AIRE=1.00 a C.N.)	
5.- DENSIDAD RELATIVA DE VAPOR (AIRE = 1.00 a C N)		6 - SOLUBILIDAD EN AGUA (g/100ml).	
7.- REACTIVIDAD EN AGUA		8.- ESTADO FISICO, COLOR Y OLOR:	
9.- VELOCIDAD DE EVAPORACION (BUTIL ACETATO = 1)		10.- PUNTO DE INFLAMACION (°C)	
11 - TEMPERATURA DE AUTOIGNICION (°C).		12 - PORCIENTO DE VOLATILIDAD	
13 - LIMITES DE INFLAMABILIDAD (%).		INFERIOR.	SUPERIOR
<b>SECCION V: RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSION</b>			



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA  
DIRECCION GENERAL DE MATERIALES, RESIDUOS Y ACTIVIDADES RIESGOSAS

GUIA PARA LA ELABORACION DEL ESTUDIO DE RIESGO  
(INSTALACIONES EN OPERACION)

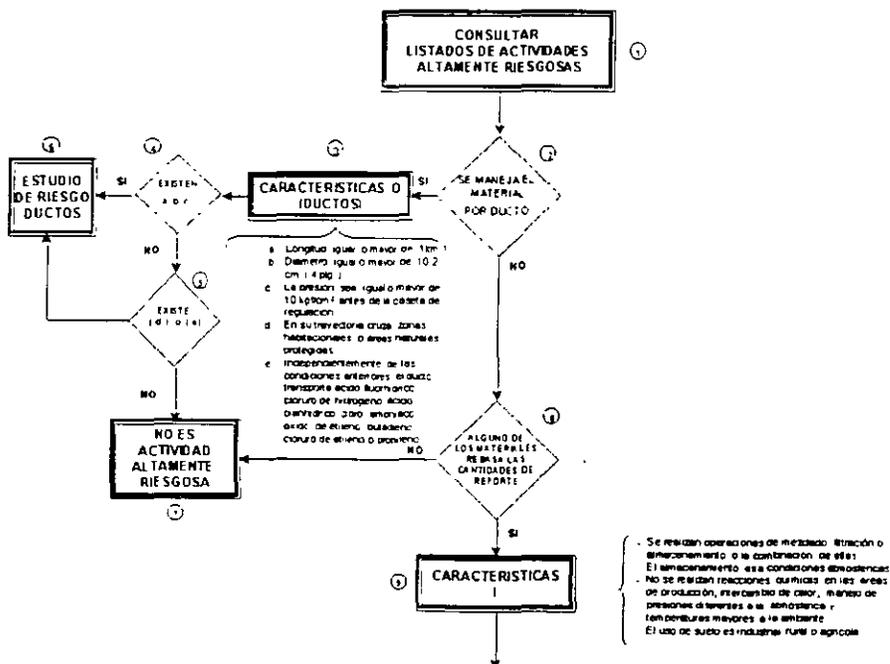
**Instrucciones**

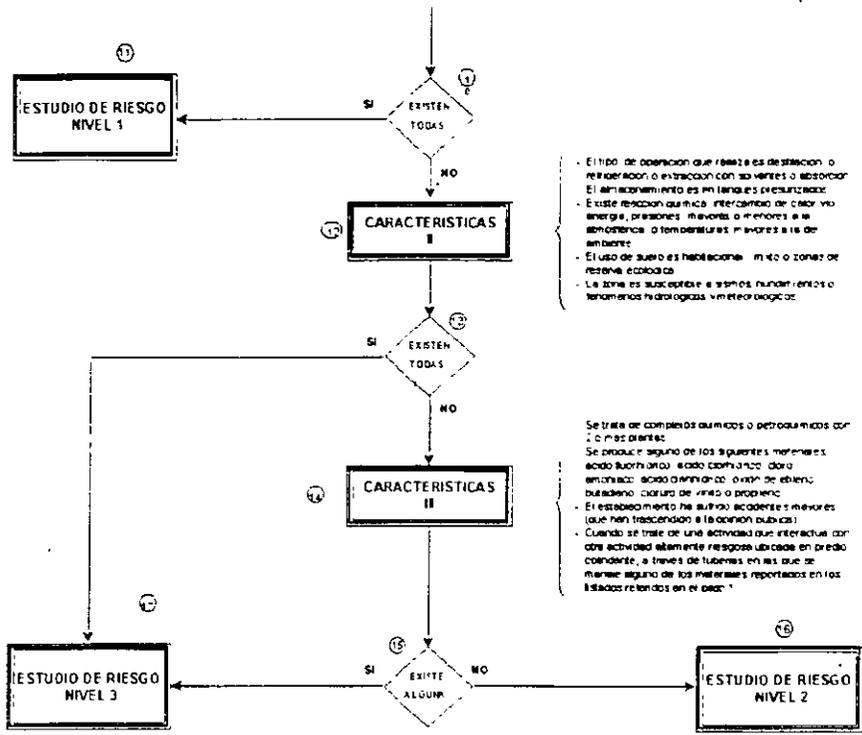
La presente guía aplica para instalaciones que se encuentran en operación y no deberá considerarse como un cuestionario, por lo que cada uno de los puntos que la integran deberán desarrollarse con la profundidad técnica suficiente, capaz de sustentar la evaluación integral de la instalación. La información, deberá ser presentada en idioma español y los diagramas de tubería e instrumentación (DTI's) y planos, deberán presentarse con base en la ingeniería de detalle, legibles y actualizados. Asimismo, deberá presentar anexo al Estudio de Riesgo, un Resumen Ejecutivo del mismo.

El promovente deberá remitir el estudio de riesgo en original, copia, y grabado en diskette de 3.5" en Word 97. La presentación del original y la copia deberá ser en carpetas de tres argollas o engargolado; siguiendo el orden establecido por el capitulado y sus numerales, utilizando separadores que permitan distinguir claramente lo que responde a cada apartado. Esto permitira que durante la recepción y evaluación de su trámite no se pierda tiempo en la ordenación de su expediente y así la resolución del mismo sea más expedita.

**Determinación del nivel del estudio**

La presente guía establece cuatro niveles diferentes de información para la presentación de los estudios del riesgo, así el siguiente procedimiento tiene como finalidad establecer cuáles son los criterios que definiran el estudio de riesgo a presentar por el particular





Una vez que el particular determine qué nivel de estudio de riesgo le corresponde, deberá presentarlo de acuerdo a las características de información mencionadas a continuación; cuidando que su entrega se realice en carpetas de tres argollas o engargolado, siguiendo el orden establecido por los numerales y utilizando separadores que permitan distinguir claramente lo que corresponde a cada apartado. Esto permitirá que durante la recepción y evaluación de su trámite no se pierda tiempo en la ordenación de su expediente y así la resolución del mismo sea más expedita.

## Nivel 0 (Ductos Terrestres)

### CAPITULO I. DATOS GENERALES

La información solicitada en este apartado, deberá escribirse sin abreviaturas, en forma legible y en el formato del Anexo No 1

- I.1. Nombre o razón social de la empresa u organismo<sup>1</sup>
- I.2. Registro Federal de Contribuyentes de la empresa.
- I.3. Número de registro del Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM) (opcional)
- I.4. Cámara o asociación a la que pertenece, indicando el número de registro y la fecha de afiliación (opcional).
- I.5. Actividad productiva principal del establecimiento (opcional).
- I.6. Clave de la Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP) (opcional)
- I.7. Código ambiental (CA) (será llenado por la Secretaria)
- I.8. Domicilio del establecimiento
- I.9. Domicilio para oír y recibir notificaciones
- I.10. Fecha de inicio de operación
- I.11. Número de trabajadores equivalente (opcional)
- I.12. Total de horas semanales trabajadas en planta (opcional)
- I.13. Número de trabajadoras promedio, por día y por turno laborado (opcional)
- I.14. ¿Es maquiladora de régimen de importación temporal? (opcional)
- I.15. ¿Pertenece a alguna corporación? (opcional)
- I.16. Participación de capital (opcional)
- I.17. Número de empleos indirectos a generar (opcional)
- I.18. Inversión estimada (M.N.) (opcional)
- I.19. Nombre del gestor o promovente
- I.20. Registro Federal de Contribuyentes del gestor o promovente.
- I.21. Departamento proponente del estudio de riesgo.
- I.22. Nombre completo, firma y puesto de la persona responsable de la instalación (Representante Legal). Anexar comprobantes que identifiquen la capacidad jurídica del responsable de la empresa, suficientes para suscribir el presente documento.
- I.23. Nombre completo y firma del representante legal de la empresa, bajo protesta de decir la verdad.
- I.24. Nombre de la compañía encargada de la elaboración del estudio de riesgo (en su caso)
- I.25. Domicilio de la compañía encargada de la elaboración del estudio de riesgo (Indicando Calle, Número Interior y Exterior, Colonia, Municipio o Delegación, Código Postal, Entidad Federativa, Teléfono, Fax)
- I.26. Nombre completo, puesto y firma de la persona responsable de la elaboración del estudio.

---

<sup>1</sup> Anexar copia simple del instrumento jurídico mediante el cual se constituyó la empresa (acta constitutiva, escritura pública o decreto)

## CAPITULO II. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN:

- II 1 Nombre de la instalación, haciendo una breve descripción de la actividad
  - II 1.1 Planes de crecimiento a futuro, señalando la fecha estimada de realización
  - II.1 2 Fecha de inicio de operaciones.
  - II 1.3 Describir la instalación, indicando alcance e instalaciones que lo conforman, origen, destino, número de líneas, diámetro, longitud, servicio, capacidad proyectada, inversión y vida útil.
  - II 1 4 Señalar cual es su antigüedad y vida útil remanente
- II.2 Ubicación del ducto en operación
  - II.2.1 Incluir un mapa de la región legible a escala adecuada, indicativo de la trayectoria y ubicación del ducto, así como coordenadas y colindancias.
  - II.2.2 Adjuntar planos de trazo y perfil del ducto, donde se incluya información sobre especificaciones y profundidad del ducto, condiciones de operación, cruzamientos, usos del suelo, clase o localización del sitio, señalamientos, otros
    - II.2.2 1 Incluir una tabla indicativa de cruzamientos con ríos, carreteras, ductos, lagos, otros; señalando kilometraje de ubicación.
  - II.2.3 Descripción de accesos (marítimos y terrestres).
- II 3 Especificar las autorizaciones oficiales con que cuentan para realizar la actividad en estudio (Permiso de Comisión Nacional del Agua (CNA), permiso de uso del suelo, permiso de construcción, autorización en materia de Impacto Ambiental, contratos de arrendamiento, permisos de propietarios, etc ). Anexar comprobantes. (Este punto es opcional)

## CAPITULO III. ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONOMICO.

La información presentada en este apartado, deberá estar referenciada y sustentada en fuentes confiables y actualizadas, debiéndose señalar en el estudio dicha referencia

- III 1. Descripción de los sitios o áreas seleccionadas para la ubicación del ducto, considerando el entorno natural, incluyendo información relevante sobre intemperismos, flora, fauna, hidrología, asentamientos residenciales, comerciales o industriales, cruces, etc en una franja de 200 metros, paralela a la trayectoria del ducto.
  - III 1.1 Incluir planos de la región, indicativos de la ubicación de zonas vulnerables o puntos de interés (asentamientos humanos, áreas naturales protegidas, zonas de reserva ecológica, cuerpos de agua, etc ). Señalando, claramente tanto el plano como en una tabla los distanciamientos a las mismas, así como la densidad demográfica de las zonas habitadas cercanas al trazo del proyecto.
- III 1.2 ¿Los sitios o áreas que conforman la trayectoria del ducto se encuentran en zonas susceptibles a:
  - ( ) Terremotos (sismicidad)?
  - ( ) Corrimientos de tierra?
  - ( ) Derrumbamientos o hundimientos?

- ( ) Inundaciones (historial de 10 años)?
- ( ) Pérdidas de suelo debido a la erosión?
- ( ) Contaminación de las aguas superficiales debido a escurrimientos y erosión?
- ( ) Riesgos radiológicos?
- ( ) Huracanes?

Los casos contestados afirmativamente, describirlos a detalle.

- III.3 Describir detalladamente las características climáticas entorno a la instalación, con base en el comportamiento histórico de los últimos 10 años (temperatura máxima, mínima y promedio, dirección y velocidad del viento, humedad relativa, precipitación pluvial).
- III.4 Indicar el deterioro esperado en la flora y fauna por la realización de actividades de la instalación, principalmente en aquellas especies en peligro de extinción

#### CAPITULO IV. INTEGRACIÓN DEL PROYECTO A LAS POLITICAS MARCADAS EN EL PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO LOCAL.

Señalar si las actividades de la instalación se encuentran enmarcadas con las políticas del Programa de Desarrollo Urbano Local, que tengan vinculación directa con las mismas. Anexar el plano del referido Programa de Desarrollo Urbano de la zona donde se localiza la instalación

#### CAPITULO V. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE.

- V.1 Indicar las bases de diseño y normas utilizadas para la construcción del ducto, así como los procedimientos de certificación de materiales empleados, los límites de tolerancia a la corrosión, recubrimientos a emplear y bases de diseño y ubicación de válvulas de seccionamiento, venteo y control.
- V.2 Señalar la infraestructura requerida para la operación del ducto, tales como bombas, trampas, estaciones de regulación o compresión, venteos, etc. (Indicar en forma de lista en el caso de ampliaciones, la infraestructura actual y proyectada)
- V.3 Incluir las hojas de datos de seguridad (MSDS) de las sustancias y/o materiales peligrosos involucrados, de acuerdo a la **NOM-018-STPS-2000, "Sistema para la identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo"** (formato Anexo No 2), de aquellas sustancias consideradas peligrosas que presenten alguna característica **CRETIB**.
- V.4. Condiciones de operación.
  - V.4.1 Describir las condiciones de operación del ducto (flujo, temperaturas y presiones de diseño y operación), así como el estado físico de la(s) sustancia(s) transportada(s).
  - V.4.2 Describir las características de la instrumentación y control

#### CAPITULO VI. ANÁLISIS Y EVALUACION DE RIESGOS.

- VI.1 Antecedentes de accidentes e incidentes ocurridos en ductos similares, describiendo brevemente el evento, las causas, sustancia(s) involucrada(s), nivel de afectación y en su caso, acciones realizadas para su atención
- VI.2 Identificar los puntos probables de riesgo, empleando una metodología específica (p.ej. Que pasa si/Lista de Verificación, Hazid, Hazop, Arbol de Fallas) o en su caso, cualquier otra cuyos alcances y profundidad de identificación sean similares, debiéndose aplicar la metodología de acuerdo a las especificaciones propias de la misma. En caso de modificar la aplicación, deberá sustentarse técnicamente.

Bajo el mismo contexto, indicar los criterios de selección de la(s) metodología(s) utilizadas para la identificación y jerarquización de riesgos. Asimismo, anexar la memoria descriptiva de la(s) metodología(s) empleada(s).

En la aplicación de la(s) metodología(s) utilizada(s), deberá considerarse todos los aspectos de riesgo de cada uno de los nodos y sectores que conforman la instalación.

Para la jerarquización de Riesgos se podrá utilizar: Matriz de Riesgos, metodologías cuantitativas de identificación de riesgos, o bien, aplicar criterios de peligrosidad de los materiales en función de los gastos, condiciones de operación y/o características CRETi o algún otro método que justifique técnicamente dicha jerarquización.

VI.3 Determinar los radios potenciales de afectación, a través de la aplicación de modelos matemáticos de simulación, del o los eventos máximos probables de riesgo, identificados en el punto VI.2, e incluir la memoria de cálculo para la determinación de los gastos, volúmenes y tiempos de fuga utilizados en las simulaciones, debiendo justificar y sustentar todos y cada uno de los datos empleados en estas determinaciones.

Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, deberá utilizar los parámetros que se indican a continuación:

	<b>TOXICIDAD (CONCENTRACIÓN)</b>	<b>INFLAMABILIDAD (RADIACION TERMICA)</b>	<b>EXPLOSIVIDAD (SOBREPRESION)</b>
Zona de Alto Riesgo	IDLH	5 KW/m <sup>2</sup> o 1.500 BTU/Pie <sup>2</sup> h	1.0 lb/plg <sup>2</sup>
Zona de Amortiguamiento	TLV <sub>8</sub> o TLV <sub>15</sub>	1.4 KW/m <sup>2</sup> o 440 BTU/Pie <sup>2</sup> h	0.5 lb/plg <sup>2</sup>

NOTAS: 1) En modelaciones por toxicidad, deben considerarse las condiciones meteorológicas más críticas del sitio con base en la información de los últimos 10 años, en caso de no contar con dicha información, deberá utilizarse Estabilidad Clase F y velocidad del viento de 1.5 m/s

2) Para el caso de simulaciones por explosividad, deberá considerarse en la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento el 10% de la energía total liberada

VI.4 Representar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento en un plano a escala adecuada, donde se indiquen los puntos de interés que pudieran verse afectados (asentamientos humanos, cuerpos de agua, vías de comunicación, caminos, etc )

VI.5 Realizar un análisis y evaluación de posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos o instalaciones próximas a la instalación que se encuentren dentro de la Zona de Alto Riesgo, indicando las medidas preventivas orientadas a la reducción del riesgo de las mismas

VI.6 Indicar claramente las recomendaciones técnico operativas resultantes de la aplicación de la metodología para la identificación de riesgos, así como de la evaluación de los mismos, señalados en los puntos VI.2 y VI.3.

VI.7 Presentar reporte del resultado de la última auditoría de seguridad practicada a las instalaciones que conforman el ducto, anexando en su caso, el programa calendarizado para el cumplimiento de las recomendaciones resultantes de la misma

Los aspectos que deberán considerarse en la Auditoría son

- La revisión de normas y especificaciones de diseño y construcción de las líneas e instalaciones.
- La existencia y aplicación de procedimientos y programas, para garantizar la adecuada operación y mantenimiento de las instalaciones que conforman las líneas.

- La implementación de los sistemas de identificación y señalamientos con que se cuenta a lo largo de las líneas para el respeto del derecho de vía.
- Los programas de inspección, verificación o pruebas, que certifiquen la calidad integral, resistencia mecánica y protección de las instalaciones que conforman las líneas (Medición de espesores, radiografiado, certificación de accesorios y conexiones, protección mecánica y catódica, pruebas hidrostática y neumática, etc.).
- Programas de revisión de los sistemas y dispositivos de seguridad, tales como alarmas, reguladores de presión o temperatura, instrumentos de control, válvulas de alivio, incluidos los programas de calibración de la instrumentación y elementos de control; así como, de los sistemas y equipos contra-incendio.
- Verificar que el potencial de riesgo reportado en el estudio de riesgo evaluado, no se halla modificado y si es el caso, reportar sobre los nuevos radios de afectación determinados
- Reparaciones o sustitución de tramos efectuados a las líneas.
- Disponibilidad del equipo necesario de protección personal para operación, mantenimiento y de primeros auxilios
- Vulnerabilidad de la zona (asentamientos humanos irregulares, zonas habitacionales, áreas naturales protegidas, etc)

Cabe señalar, que deberá poner especial énfasis en aquellas áreas que resultaron ser las de mayor riesgo, de acuerdo con los resultados del estudio de riesgo.

- VI.8 Describir a detalle las medidas, equipos, dispositivos y sistemas de seguridad con que contará la instalación, considerados para la prevención, control y atención de eventos extraordinarios.
- VI.9 Indicar las medidas preventivas, incluidos los programas de mantenimiento e inspección, así como los programas de contingencias que se aplicarán durante la operación normal de la instalación, para evitar el deterioro del medio ambiente, además de aquellas orientadas a la restauración de la zona afectada en caso de accidente.

## CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- VII.1. Presentar el Informe Técnico del Estudio de Riesgo (Anexo No. 3).
- VII.2 Hacer un resumen de la situación general que presenta la instalación en materia de riesgo ambiental, señalando las desviaciones encontradas y posibles áreas de afectación.
  - VII 2.1 Con base en el punto anterior, señalar todas las recomendaciones derivadas del análisis de riesgo efectuado, incluidas aquellas determinadas en función de la identificación, evaluación e interacciones de riesgo y las medidas y equipos de seguridad y protección con que contará la instalación, para mitigar, eliminar o reducir los riesgos identificados.
- VII.3 Señalar las conclusiones del estudio de riesgo

## CAPITULO VIII. ANEXO FOTOGRAFICO

- VIII.1 Presentar anexo fotográfico o video de los sitios de interés cercanos al trazo en el que se muestren las colindancias, origen, destino final y puntos de interés cercanos al mismo (asentamientos humanos, áreas naturales protegidas, zonas de reserva ecológica, cuerpos de agua, etc.).

## Capítulos comunes a los niveles 1, 2 y 3

### CAPITULO I. DATOS GENERALES

La información solicitada en este apartado, deberá escribirse sin abreviaturas, en forma legible y en el formato del Anexo No 1

- I.1. Nombre o razón social de la empresa u organismo<sup>2</sup>
- I.2. Registro Federal de Contribuyentes de la empresa.
- I.3. Número de registro del Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM) (opcional).
- I.4. Cámara o asociación a la que pertenece, indicando el número de registro y la fecha de afiliación (opcional)
- I.5. Actividad productiva principal del establecimiento (opcional).
- I.6. Clave de la Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP) (opcional)
- I.7. Código ambiental (CA) (será llenado por la Secretaría)
- I.8. Domicilio del establecimiento (Anexar croquis)
- I.9. Domicilio para oír y recibir notificaciones
- I.10. Fecha de inicio de operación
- I.11. Número de trabajadores equivalente (opcional)
- I.12. Total de horas semanales trabajadas en planta (opcional)
- I.13. Número de trabajadoras promedio, por día y por turno laborado (opcional)
- I.14. ¿Es maquiladora de régimen de importación temporal? (opcional)
- I.15. ¿Pertenece a alguna corporación? (opcional)
- I.16. Participación de capital (opcional)
- I.17. Número de empleos indirectos a generar (opcional)
- I.18. Inversión estimada (M N ) (opcional)
- I.19. Nombre del gestor o promovente
- I.20. Registro Federal de Contribuyentes del gestor o promovente.
- I.21. Departamento proponente del estudio de riesgo.
- I.22. Nombre completo, firma y puesto de la persona responsable de la instalación (Representante Legal). Anexar comprobantes que identifiquen la capacidad jurídica del responsable de la empresa, suficientes para suscribir el presente documento
- I.23. Nombre completo y firma del representante legal de la empresa, bajo protesta de decir la verdad.
- I.24. Nombre de la compañía encargada de la elaboración del estudio de riesgo (en su caso).
- I.25. Domicilio de la compañía encargada de la elaboración del estudio de riesgo (Indicando Calle, Número Interior y Exterior, Colonia, Municipio o Delegación, Código Postal, Entidad Federativa, Teléfono, Fax)
- I.26. Nombre completo, puesto y firma de la persona responsable de la elaboración del estudio.

---

<sup>2</sup> Anexar copia simple del instrumento jurídico mediante el cual se constituyó la empresa (acta constitutiva, escritura pública o decreto)

## CAPITULO II. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

- II.1. Nombre de la instalación, haciendo una breve descripción de la actividad
  - II.1.1. Planes de crecimiento a futuro, señalando la fecha estimada de realización
  - II.1.2. Fecha de inicio de operaciones.
- II.2. Ubicación de la instalación
  - II.2.1. Planos de localización a escala adecuada y legibles, marcando puntos importantes de interés cercanos a la instalación o proyecto en un radio de 500 m
  - II.2.2. Coordenadas geográficas de la instalación (no aplica para zonas urbanas)
  - II.2.3. Describir y señalar en los planos de localización, las colindancias de la instalación y los usos del suelo en un radio de 500 metros en su entorno, así como la ubicación de zonas vulnerables, tales como: asentamientos humanos, áreas naturales protegidas, zonas de reserva ecológica, cuerpos de agua, etc.; señalando claramente los distanciamientos a las mismas.
  - II.2.4. Superficie total de la instalación y superficie requerida para el desarrollo de la actividad (m<sup>2</sup> o Ha).
  - II.2.5. Descripción de accesos (marítimos, terrestres y/o aéreos).
  - II.2.6. Infraestructura necesaria. Para el caso de ampliaciones, deberá indicar en forma de lista, la infraestructura actual y la proyectada
- II.3. Actividades que tengan vinculación con las que se pretendan desarrollar en la instalación (industriales, comerciales y/o de servicios)
- II.4. Número de personal necesario para la operación de la instalación.
- II.5. Especificar las autorizaciones oficiales con que cuentan para realizar la actividad en estudio (licencia de funcionamiento, permiso de uso del suelo, permiso de construcción, autorización en materia de Impacto Ambiental, etc.). Anexar comprobantes. (Este punto es opcional).

## CAPITULO III. ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONOMICO.

La información presentada en este capítulo, deberá estar referenciada y sustentada en fuentes confiables y actualizadas, debiéndose señalar en el estudio dicha referencia.

- III.1. Describir las características del entorno ambiental a la instalación en donde se contemple: Flora, fauna, suelo, aire y agua.
- III.2. Describir detalladamente las características climáticas entorno a la instalación, con base en el comportamiento histórico de los últimos 10 años (temperatura máxima, mínima y promedio, dirección y velocidad del viento, humedad relativa; precipitación pluvial).
- III.3. Indicar la densidad demográfica de la zona donde se ubica la instalación.
- III.4. Indicar los giros o actividades desarrolladas por terceros entorno a la instalación.
- III.5. Indicar el deterioro esperado en la flora y fauna por la realización de actividades de la instalación, principalmente en aquellas especies en peligro de extinción.

III.6 ¿El sitio de la instalación de la planta, está ubicado en una zona susceptible a.

- ( ) Terremotos (sismicidad)?
- ( ) Corrimientos de tierra?
- ( ) Derrumbamientos o hundimientos?
- ( ) Efectos meteorológicos adversos (inversión térmica, niebla, etc.)?
- ( ) Inundaciones (historial de 10 años)?
- ( ) Pérdidas de suelo debido a la erosión?
- ( ) Contaminación de las aguas superficiales debido a escurrimientos y erosión?
- ( ) Riesgos radiológicos?
- ( ) Huracanes?

Los casos contestados afirmativamente, describirlos a detalle.

III.8 Si es de su conocimiento que existe un historial epidémico y endémico de enfermedades cíclicas en el área de las instalaciones, proporcione la información correspondiente.

#### CAPITULO IV. INTEGRACION DEL PROYECTO A LAS POLITICAS MARCADAS EN EL PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO LOCAL.

Señalar si las actividades de la instalación se encuentran enmarcadas con las políticas del Programa de Desarrollo Urbano Local, que tengan vinculación directa con las mismas. Anexar el plano del referido Programa de Desarrollo Urbano de la zona donde se localiza la instalación

#### CAPITULO V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESOS

- Para el nivel 1 ver página 11
- Para el nivel 2 ver página 14
- Para el nivel 3 ver página 17

#### CAPITULO VI. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

- Para el nivel 1 ver página 11
- Para el nivel 2 ver página 14
- Para el nivel 3 ver página 18

#### CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- VII 1 Presentar un Resumen Ejecutivo del Estudio de Riesgo, que deberá incorporar los datos generales de la empresa (Anexo No 1), y la relación de sustancias peligrosas manejadas, capacidad y tipo de almacenamiento.
- VII.2. Presentar el Informe Técnico del Estudio de Riesgo (Anexo No 3)
- VII.3 Hacer un resumen de la situación general que presenta la instalación en materia de riesgo ambiental, señalando las desviaciones encontradas y posibles áreas de afectación.
  - VII 3 1 Con base en el punto anterior, señalar todas las recomendaciones derivadas del análisis de riesgo efectuado, incluidas aquellas determinadas en función de la identificación, evaluación e interacciones de riesgo y las medidas y equipos de seguridad y protección con que contará la instalación para mitigar, eliminar o reducir los riesgos identificados.
- VII.4 Señalar las conclusiones del estudio de riesgo.

#### CAPITULO VIII. ANEXO FOTOGRAFICO.

- VIII.1 Presentar anexo fotográfico o video del sitio de ubicación de la instalación, en el que se muestren las colindancias y puntos de interés cercanos al mismo. Así como de las instalaciones, áreas o equipos críticos

## NIVEL 1

### CAPITULO V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

- V.1 Mencionar los criterios de diseño de la instalación con base a las características del sitio y a la susceptibilidad de la zona a fenómenos naturales y efectos meteorológicos adversos
- V.2 Descripción detallada del proceso por líneas de producción, debiendo anexar diagramas de bloques
- V.3 Listar todas las materias primas, productos, subproductos y residuos manejados en el proceso, señalando aquellas que se encuentren en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas Especificando nombre de la sustancia, cantidad máxima de almacenamiento en Kg. flujo en m<sup>3</sup>/h o millones de pies cúbicos estándar por día (MPCSD), concentración, capacidad máxima de producción, tipo de almacenamiento (granel, sacos, tanques, tambores, bidones, cuñetes, etc.) y equipo de seguridad.
- V.4 Presentar las hojas de datos de seguridad (MSD), de acuerdo a la **NOM-018-STPS-2000. "Sistema para la identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo"** (formato Anexo No. 2) de aquellas sustancias consideradas peligrosas que presenten alguna característica **CRETIB**.
- V.5 Tipo de recipientes y/o envases de almacenamiento. Especificar: Características, código o estándares de construcción, dimensiones, cantidad o volumen máximo de almacenamiento por recipiente, indicando la sustancia contenida, así como los dispositivos de seguridad instalados en los mismos
- V.6 Describir equipos de proceso y auxiliares, especificando características, tiempo estimado de uso y localización. Asimismo, anexar plano a escala del arreglo general de la instalación.

#### EJEMPLO

EQUIPO	NOMENCLATURA DEL EQUIPO	CARACTERISTICAS Y CAPACIDAD	ESPECIFICACIONES	VIDA UTIL (INDICADA POR EL FABRICANTE)	TIEMPO ESTIMADO DE USO	LOCALIZACION DENTRO DEL ARREGLO GENERAL DE LA PLANTA
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	T-1	TANQUE TIPO HORIZONTAL DE ACERO INOXIDABLE CON SISTEMA DE CALENTAMIENTO, CON CAPACIDAD DE 100 m <sup>3</sup>	ACERO INOXIDABLE SA-285 Gr C ESPESOR 1/2" DIAMETRO 2 m ALTURA 6 m	15 AÑOS	5 AÑOS	AREA DE ALMACENAMIENTO DE SOLVENTES

- V.7 Condiciones de operación.  
Anexar los diagramas de flujo, indicando la siguiente información.
  - V.7.1 Balance de materia
  - V.7.2 Temperaturas y Presiones de diseño y operación.
  - V.7.3 Estado físico de las diversas corrientes del proceso.
- V.8 Características del régimen operativo de la instalación (continuo o por lotes).
- V.9 Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's) con base en la ingeniería de detalle y con la simbología correspondiente.

### TULO VI. ANALISIS Y EVALUACION DE RIESGOS.

- VI.1 Antecedentes de incidentes y accidentes ocurridos en la operación de las instalaciones o de procesos similares, describiendo brevemente, el evento, las causas, sustancias involucradas, nivel de afectación

y en su caso, acciones realizadas para su atención.

- VI.2 Con base en los DTI's de la ingeniería de detalle, identificar y jerarquizar los riesgos en áreas de proceso, almacenamiento y transporte, mediante la utilización de alguna de las siguientes metodologías: Lista de verificación (Check List); ¿Que pasa si?; Índice Dow; Índice Mond; Análisis de Modo Falla y Efecto (FMEA); o alguna otra con características similares a las anteriores y/o la combinación de éstas, debiéndose aplicar la metodología de acuerdo a las especificaciones propias de la misma. En caso de modificar dicha aplicación, deberá sustentarse técnicamente.

Bajo el mismo contexto, deberá indicar los criterios de selección de la(s) metodología(s) utilizadas para la identificación y jerarquización de riesgos, asimismo, anexas el o los procedimientos y la(s) memoria(s) descriptiva(s) de las metodologías empleadas.

En la aplicación de la(s) metodología(s) utilizada(s), deberán considerarse todos los aspectos de riesgo de cada una de las áreas que conforman la instalación

- VI.3 Determinar los radios potenciales de afectación, a través de aplicación de modelos matemáticos de simulación, del o los eventos máximos probables de riesgo identificados en el punto VI.2, e incluir la memoria de cálculo para la determinación de los gastos, volúmenes y tiempos de fuga utilizados en las simulaciones, deberá justificar y sustentar todos y cada uno de los datos empleados en dichas determinaciones.

Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, deberá utilizar los criterios que se indican a continuación:

	<b>TOXICIDAD</b> (CONCENTRACION)	<b>INFLAMABILIDAD</b> (RADIACION TERMICA)	<b>EXPLOSIVIDAD</b> (SOBREPRESION)
Zona de Alto Riesgo	IDLH	5 KW/m <sup>2</sup> o 1,500 BTU/Pie <sup>2</sup> h	1.0 lb/plg <sup>2</sup>
Zona de Amortiguamiento	TLV <sub>8</sub> o TLV <sub>15</sub>	1.4 KW/m <sup>2</sup> o 440 BTU/Pie <sup>2</sup> h	0.5 lb/plg <sup>2</sup>

- NOTAS:**
- 1) En modelaciones por toxicidad, deben considerarse las condiciones meteorológicas mas críticas del sitio con base en la información de los últimos 10 años, en caso de no contar con dicha información, deberá utilizarse Estabilidad Clase F y velocidad del viento de 1.5 m/s
  - 2) Para el caso de simulaciones por explosividad, deberá considerarse en la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento el 10% de la energía total liberada

- VI.4 Representar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento en un plano a escala adecuada donde se indiquen los puntos de interés que pudieran verse afectados (asentamientos humanos, cuerpos de agua, vías de comunicación, caminos, etc ).
- VI.5 Realizar un análisis y evaluación de posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos o instalaciones próximas a la instalación que se encuentren dentro de la Zona de Alto Riesgo, indicando las medidas preventivas orientadas a la reducción del riesgo de las mismas
- VI.6 Indicar claramente las recomendaciones técnico operativas resultantes de la aplicación de la(s) metodología(s) para la identificación de riesgos, así como de la evaluación de los mismos, señalados en los puntos VI.2 y VI.3.
- VI.7 Presentar reporte del resultado de la última auditoría de seguridad practicada a la instalación, anexando en su caso, el programa calendarizado para el cumplimiento de las recomendaciones resultantes de la misma

Los aspectos que deberán considerarse en la Auditoría son:

La revisión de normas y especificaciones de diseño y construcción de los equipos e instalaciones (vías de acceso y maniobra, tanques de almacenamiento, capacidad de bombeo, etc.).

- La existencia y aplicación de procedimientos y programas, para garantizar la adecuada operación y mantenimiento de las instalaciones (Manuales con procedimientos de operación para cada área de la planta, paro, arranque y emergencias, mantenimiento preventivo, etc )
- La implementación de los sistemas de identificación y codificación de los equipos (Identificación de tuberías, tanques, unidades de transporte de la planta. etc )
- Los programas de verificación o pruebas, que certifiquen la calidad integral y resistencia mecánica de los equipos (Medición de espesores en tuberías y recipientes. radiografiado, certificación de accesorios y conexiones, pruebas hidrostáticas y neumáticas, etc )
- Programas de revisión de los diversos sistemas de seguridad, así como los programas de la calibración de la instrumentación y elementos de control (válvulas de seguridad, disparo y alarmas, etc )
- Disposición del equipo necesario de protección personal y de primeros auxilios
- Disposición de los residuos industriales generados dentro de sus instalaciones.

Cabe señalar, que deberá poner especial énfasis en aquellas áreas que resultaron ser las de mayor riesgo, de acuerdo con los resultados del estudio de riesgo.

- VI.8 Describir a detalle las medidas, equipos, dispositivos y sistemas de seguridad con que cuenta o contará la instalación, consideradas para la prevención, control y atención de eventos extraordinarios
- VI.9 Indicar las medidas preventivas que se aplicarán durante la operación normal de la instalación, para evitar el deterioro del medio ambiente (sistemas anticontaminantes), incluidas aquellas a la restauración de la zona afectada en caso de accidentes

## NIVEL 2

### CAPITULO V. DESCRIPCION DEL PROCESO.

- V.1 Mencionar los criterios de diseño de la instalación con base a las características del sitio y a la susceptibilidad de la zona a fenómenos naturales y efectos meteorológicos adversos
- V.2 - Descripción detallada del proceso por líneas de producción, reacción principal y secundarias en donde intervienen materiales considerados de alto riesgo (debiendo anexar diagramas de bloques)
- V.3 Listar todas las materias primas, productos y subproductos manejados en el proceso, señalando aquellas que se encuentren en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas, especificando. Sustancia, cantidad máxima de almacenamiento en kg, flujo en m<sup>3</sup>/h o millones de pies cúbicos estándar por día (MPCSD), concentración, capacidad máxima de producción, tipo de almacenamiento (granel, sacos, tanques, tambores, bidones, cuñetes, etc.) y equipo de seguridad
- V.4 Presentar las hojas de datos de seguridad (MSD), de acuerdo a la **NOM-018-STPS-2000, "Sistema para la identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo"** (formato Anexo No. 2), de aquellas sustancias consideradas peligrosas que presenten alguna característica **CRETI**
- V.5. Tipo de recipientes y/o envases de almacenamiento, especificando Características, código o estándares de construcción, dimensiones, cantidad o volumen máximo de almacenamiento por recipiente, indicando la sustancia contenida, así como los dispositivos de seguridad instalados en los mismos
- V.6 Describir equipos de proceso y auxiliares, especificando características, tiempo estimado de uso y localización. Asimismo, anexar plano a escala del arreglo general de la instalación

#### EJEMPLO:

EQUIPO	NOMENCLATURA DEL EQUIPO	CARACTERISTICAS Y CAPACIDAD	ESPECIFICACIONES	VIDA UTIL (INDICADA POR EL FABRICANTE)	TIEMPO ESTIMADO DE USO	LOCALIZACION DENTRO DEL ARREGLO GENERAL DE LA PLANTA
BOMBA	P-1	CENTRIFUGA SELLO HIDRAULICO 150-HP	460 VOLTS 3 FASES* 60 HERTZ ACERO INOXIDABLE 1400 LITROS/MIN	10 AÑOS	3 AÑOS	AREA DE SULFONACION

- V.7 Condiciones de operación.  
Anexar los diagramas de flujo, indicando la siguiente información:
  - V.7.1 Balance de materia.
  - V.7.2 Temperaturas y Presiones de diseño y operación.
  - V.7.3 Estado físico de las diversas corrientes del proceso.
- V.8 Características del régimen operativo de la instalación (continuo o por lotes).
- V.9 Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's) con base en la ingeniería de detalle y con la simbología correspondiente.

## CAPITULO VI. ANALISIS Y EVALUACION DE RIESGOS.

- VI.1 Antecedentes de incidentes y accidentes ocurridos en la operación de las instalaciones o de procesos similares, describiendo brevemente el evento, las causas, sustancias involucradas, nivel de afectación y en su caso, acciones realizadas para su atención.
- VI.2 Con base en los DTI's de la ingeniería de detalle, identificar los riesgos en áreas de proceso, almacenamiento y transporte, mediante la utilización de alguna de las siguientes metodologías: Análisis de Riesgo y Operabilidad (HAZOP); Análisis de Modo Falla y Efecto (FMEA) con Arbol de Eventos, Arbol de Fallas, o alguna otra con características similares a las anteriores y/o la combinación de éstas, debiéndose aplicar la metodología de acuerdo a las especificaciones propias de la misma. En caso de modificar dicha aplicación, deberá sustentarse técnicamente.

Bajo el mismo contexto, deberá indicar los criterios de selección de la(s) metodología(s) utilizadas para la identificación de riesgos; asimismo, anexar el o los procedimientos y la(s) memoria(s) descriptiva(s) de la(s) metodología(s) empleada(s).

En la aplicación de la(s) metodología(s) utilizada(s), deberán considerarse todos los aspectos de riesgo de cada una de las áreas que conforman la instalación

Para la jerarquización de Riesgos se podrá utilizar: Matriz de Riesgos, metodologías cuantitativas de identificación de riesgos, o bien, aplicar criterios de peligrosidad de los materiales en función de los volúmenes, condiciones de operación y/o características CRETl o algún otro método que justifique técnicamente dicha jerarquización.

- VI.3 Determinar los radios potenciales de afectación, a través de la aplicación de modelos matemáticos de simulación, del o los eventos máximos probables de riesgo identificados en el punto VI.2, e incluir la memoria de cálculo para la determinación de los gastos, volúmenes y tiempos de fuga utilizados en las simulaciones, debiendo justificar y sustentar todos y cada uno de los datos empleados en dichas determinaciones.

Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, deberá utilizar los criterios que se indican a continuación:

	<b>TOXICIDAD</b> (CONCENTRACIÓN)	<b>INFLAMABILIDAD</b> (RADIACION TERMICA)	<b>EXPLOSIVIDAD</b> (SOBREPRESION)
Zona de Alto Riesgo	IDLH	5 KW/m <sup>2</sup> o 1,500 BTU/Pie <sup>2</sup> h	1.0 lb/plg <sup>2</sup>
Zona de Amortiguamiento	TLV <sub>8</sub> o TLV <sub>15</sub>	1.4 KW/m <sup>2</sup> o 440 BTU/Pie <sup>2</sup> h	0.5 lb/plg <sup>2</sup>

**NOTAS:** 1) En modelaciones por toxicidad, deben considerarse las condiciones meteorológicas más críticas del sitio con base en la información de los últimos 10 años, en caso de no contar con dicha información, deberá utilizarse Estabilidad Clase F y velocidad del viento de 1.5 m/s

2) Para el caso de simulaciones por explosividad, deberá considerarse en la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento el 10% de la energía total liberada.

- VI 4 Representar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento en un plano a escala adecuada donde se indiquen los puntos de interés que pudieran verse afectados (asentamientos humanos, cuerpos de agua, vías de comunicación, caminos, etc.).
- VI.5 Realizar un análisis y evaluación de posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos o instalaciones próximas a la instalación que se encuentren dentro de la Zona de Alto Riesgo, indicando las medidas preventivas orientadas a la reducción del riesgo de las mismas.
- VI.6 Indicar claramente las recomendaciones técnico operativas resultantes de la aplicación de la(s) metodología(s) para la identificación de riesgos, así como de la evaluación de los mismos, señalados

en los puntos VI.2 y VI.3.

VI.7 Presentar reporte del resultado de la última auditoría de seguridad practicada a la instalación, anexando en su caso, el programa calendarizado para el cumplimiento de las recomendaciones resultantes de la misma.

Los aspectos que deberán considerarse en la Auditoría son

- La revisión de normas y especificaciones de diseño y construcción de los equipos e instalaciones (vías de acceso y maniobra, tanques de almacenamiento, capacidad de bombeo, etc.).
- La existencia y aplicación de procedimientos y programas, para garantizar la adecuada operación y mantenimiento de las instalaciones (Manuales con procedimientos de operación para cada área de la planta, paro, arranque y emergencias, mantenimiento preventivo, etc.).
- La implementación de los sistemas de identificación y codificación de los equipos (Identificación de tuberías, tanques, unidades de transporte de la planta, etc.)
- Los programas de verificación o pruebas, que certifiquen la calidad integral y resistencia mecánica de los equipos (Medición de espesores en tuberías y recipientes, radiografiado, certificación de accesorios y conexiones, pruebas hidrostáticas y neumáticas, etc.)
- Programas de revisión de los diversos sistemas de seguridad, así como los programas de la calibración de la instrumentación y elementos de control (válvulas de seguridad, disparo y alarmas, etc.)
- Disposición del equipo necesario de protección personal y de primeros auxilios
- Disposición de los residuos industriales generados dentro de sus instalaciones

Cabe señalar, que deberá poner especial énfasis en aquellas áreas que resultaron ser las de mayor riesgo, de acuerdo con los resultados del estudio de riesgo

VI.8 Describir a detalle las medidas, equipos, dispositivos y sistemas de seguridad con que cuenta o contará la instalación, consideradas para la prevención, control y atención de eventos extraordinarios.

VI.9 Indicar las medidas preventivas o programas de contingencias que se aplicarán, durante la operación normal de la instalación, para evitar el deterioro del medio ambiente (sistemas anticontaminantes), incluidas aquellas orientadas a la restauración de la zona afectada en caso de accidente

## NIVEL 3

### CAPITULO V. DESCRIPCION DEL PROCESO

- V.1 Mencionar los criterios de diseño de la instalación, con base a las características del sitio y a la susceptibilidad de la zona a fenómenos naturales y efectos meteorológicos adversos.
- V.2 Descripción detallada del proceso por líneas de producción, reacción principal y secundarias en donde intervienen materiales considerados de alto riesgo (debiendo anexar diagramas de bloques)
- V.3 Describir reacción principal y secundarias en donde intervienen sustancias o materiales considerados de alto riesgo, incluyendo la cinética de las mismas y mecanismos de reacción llevados a cabo en el proceso, bajo condiciones normales y anormales de operación.
- V.4 Listar todas las materias primas, productos y subproductos manejados en el proceso, señalando aquellas que se encuentren en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas, especificando nombre de la sustancia, cantidad máxima de almacenamiento en kg, barriles, flujo en m<sup>3</sup>/h o millones de pies cúbicos estándar por día (MPCSD), concentración, capacidad máxima de producción, tipo de almacenamiento (granel, sacos, tanques, tambores, bidones, cuñetes, etc.) y equipo de seguridad.
- V.5 Presentar las hojas de datos de seguridad (MSD), de acuerdo a la **NOM-018-STPS-2000, "Sistema para la identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo"** (formato Anexo No. 2), de aquellas sustancias consideradas peligrosas que presenten alguna característica **CRETIB**.
- V.6 Equipos de proceso y auxiliares.
  - V.6.1. Tipo de recipientes y/o envases de almacenamiento, especificando características, código o estándares de construcción, dimensiones, cantidad o volumen máximo de almacenamiento por recipiente, indicando la sustancia contenida, así como los dispositivos de seguridad instalados en los mismos
  - V.6.2 Describir equipos de proceso y auxiliares, especificando características, tiempo estimado de uso y localización, asimismo, anexar plano a escala del arreglo general de la instalación.

#### EJEMPLO:

EQUIPO	NOMENCLATURA DEL EQUIPO	CARACTERISTICAS Y CAPACIDAD	ESPECIFICACIONES	VIDA UTIL (INDICADA POR EL FABRICANTE)	TIEMPO ESTIMADO DE USO	LOCALIZACION DENTRO DEL ARREGLO GENERAL DE LA PLANTA
REACTOR	R-1	REACTOR CATALITICO CON SISTEMA DE CALENTAMIENTO, CON CAPACIDAD DE 12 m <sup>3</sup> .	ACERO INOXIDABLE SA-316 Gr B ESPESOR 1/2" DIAMETRO 2 m ALTURA 4 m	20 AÑOS	5 AÑOS	AREA DE PROCESO DE ETOXILADOS

- V.6.3 Anexar planos de detalle del diseño mecánico de los principales equipos de proceso y sistemas de conducción, señalando las normas aplicadas.
- V.6.4 Bases de diseño de los sistemas de desfogue existentes en la instalación.
- V.7 Condiciones de operación.  
Anexar los diagramas de flujo, indicando la siguiente información:
  - V.7.1 Balance de materia y energía.
  - V.7.2 Temperaturas y Presiones de diseño y operación.

- V.7.3 Estado físico de las diversas corrientes del proceso.
- V 8 Características del régimen operativo de la instalación (continuo o por lotes).
- V.9 Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's) con base en la ingeniería de detalle y con la simbología correspondiente; Incluir las bases de diseño de los sistemas de instrumentación, anexando las especificaciones de los principales elementos de medición y control.
- V 10 Diseño de servicios.
  - V:10.1 Anexar planos generales del diseño de los sistemas de servicio.
  - V.10.2 Describir los servicios externos e internos necesarios y su importancia en la operación de sectores críticos.
  - V.10.3.- Descripción y justificación de los sistemas redundantes de servicios.
- V.11. Resumen Ejecutivo de las bases y criterios empleados para el diseño civil y estructural de las principales áreas de la instalación, así como de los equipos donde se manejan materiales considerados de alto riesgo.
- V.12.- Especificar en forma detallada las bases de diseño para el cuarto de control.
  - V.12.1- Describir las bases de diseño de los sistemas de aislamiento de las diferentes áreas o equipos con riesgos potenciales de incendio, explosión, toxicidad y sistemas de contención para derrames, anexando planos de construcción de los mismos.
  - V 12.2 Anexar planos de la distribución del sistema contra-incendios
- V.13 Describir a detalle las medidas, equipos, dispositivos y sistemas de seguridad de la instalación, consideradas para la prevención, control y atención de eventos extraordinarios.

## CAPITULO VI. ANÁLISIS Y EVALUACION DE RIESGOS.

- VI 1 Antecedentes de incidentes y accidentes ocurridos en la operación de las instalaciones o de procesos similares, describiendo brevemente el evento, las causas, sustancias involucradas, nivel de afectación y en su caso, acciones realizadas para su atención
- VI.2 Con base en la ingeniería de detalle, identificar los riesgos en áreas de proceso, almacenamiento y transporte, mediante la utilización de alguna de las siguientes metodologías: Análisis de Riesgo y Operabilidad (HAZOP) y Arbol de Fallas, Análisis de Modo Falla y Efecto (FMEA) y Arbol de Fallas; y/o la combinación de metodologías con características similares a las anteriores, debiendo aplicar estas, de acuerdo a las especificaciones propias de la misma. En caso de modificar dicha aplicación, deberá sustentarse técnicamente.

Bajo el mismo contexto, deberá indicar los criterios de selección de la(s) metodología(s) utilizadas para la identificación de riesgos, asimismo, anexar el o los procedimientos y la(s) memoria(s) descriptiva(s) de la(s) metodología(s) empleada(s)

En la aplicación de las metodologías utilizadas, deberán considerarse todos los aspectos de riesgo de cada una de las áreas que conforman la instalación.

Para la jerarquización de Riesgos se podrán utilizar: matriz de riesgos, metodologías cuantitativas de identificación de riesgos, sustentadas en criterios de peligrosidad de los materiales, los volúmenes de manejo, las condiciones de operación y/o las características CRETÍ de las mismas, o bien, mediante algún otro método que justifique técnicamente dicha jerarquización.

VI.3 Determinar los radios potenciales de afectación, a través de aplicación de modelos matemáticos de simulación, del o los eventos máximos probables de riesgo, identificados en el punto VI 2, e incluir la memoria de cálculo para la determinación de los gastos, volúmenes y tiempos de fuga utilizados en las simulaciones, debiendo justificar y sustentar todos y cada uno de los datos empleados en dichas determinaciones

Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, deberá utilizar los criterios que se indican a continuación.

	<b>TOXICIDAD (CONCENTRACIÓN)</b>	<b>INFLAMABILIDAD (RADIACION TERMICA)</b>	<b>EXPLOSIVIDAD (SOBREPRESION)</b>
Zona de Alto Riesgo	IDLH	5 KW/m <sup>2</sup> o 1,500 BTU/Pie <sup>2</sup> h	1 0 lb/plg <sup>2</sup>
Zona de Amortiguamiento	TLV <sub>8</sub> o TLV <sub>15</sub>	1.4 KW/m <sup>2</sup> o 440 BTU/Pie <sup>2</sup> h	0.5 lb/plg <sup>2</sup>

NOTAS: 1) En modelaciones por toxicidad, deben considerarse las condiciones meteorológicas mas críticas del sitio con base en la información de los últimos 10 años, en caso de no contar con dicha informacion, debera utilizarse Estabilidad Clase F y velocidad del viento de 1.5 m/s

2) Para el caso de simulaciones por explosividad, deberá considerarse en la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento el 10% de la energía total liberada.

VI 4 Representar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento en un plano a escala adecuada donde se indiquen los puntos de interés que pudieran verse afectados (asentamientos humanos, cuerpos de agua, vías de comunicación, caminos, etc.),

VI.5 Realizar un análisis y evaluación de posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos o instalaciones próximas a la instalación que se encuentren dentro de la Zona de Alto Riesgo, indicando las medidas preventivas orientadas a la reducción del riesgo de las mismas.

VI.6 Indicar claramente las recomendaciones técnico-operativas resultantes de la aplicación de las metodologías para la identificación de riesgos, así como de la evaluación de los mismos, señalados en los puntos VI.2 y VI.3.

VI 7 Presentar reporte del resultado de la última auditoría de seguridad practicada a la instalación, anexando en su caso, el programa calendarizado para el cumplimiento de las recomendaciones resultantes de la misma.

Los aspectos que deberán considerarse en la Auditoría son:

- La revisión de normas y especificaciones de diseño y construcción de los equipos e instalaciones (vías de acceso y maniobra, tanques de almacenamiento, capacidad de bombeo, etc.).
- La existencia y aplicación de procedimientos y programas, para garantizar la adecuada operación y mantenimiento de las instalaciones (Manuales con procedimientos de operación para cada área de la planta, paro, arranque y emergencias, mantenimiento preventivo, etc.).
- La implementación de los sistemas de identificación y codificación de los equipos (Identificación de tuberías, tanques, unidades de transporte de la planta, etc.).
- Los programas de verificación o pruebas, que certifiquen la calidad integral y resistencia mecánica de los equipos (Medición de espesores en tuberías y recipientes, radiografiado, certificación de accesorios y conexiones, pruebas hidrostáticas y neumáticas, etc.).
- Programas de revisión de los diversos sistemas de seguridad, así como los programas de la calibración de la instrumentación y elementos de control (válvulas de seguridad, disparo y alarmas, etc.).

- Disposición del equipo necesario de protección personal y de primeros auxilios.
- Disposición de los residuos industriales generados dentro de sus instalaciones.

Cabe señalar, que deberá poner especial énfasis en aquellas áreas que resultaron ser las de mayor riesgo, de acuerdo con los resultados del estudio de riesgo.

- VI.8 Describir a detalle las medidas, equipos, dispositivos y sistemas de seguridad con que cuenta o contará la instalación, consideradas para la prevención, control y atención de eventos extraordinarios
- VI.9 Indicar las medidas preventivas o programas de contingencias que se aplicarán, durante la operación normal de la instalación, para evitar el deterioro del medio ambiente (sistemas anticontaminantes), incluidas aquellas orientadas a la restauración de la zona afectada en caso de accidente
- VI.10 Describir las rutas de traslado de los materiales involucrados que se consideran de alto riesgo.

Para cualquier aclaración, duda y/o comentario con respecto a este trámite, sírvase llamar al sistema de Atención Telefónica a la Ciudadanía (SACTEL) a los teléfonos 5480 2000 en el D.F. y área metropolitana, del interior de la república sin costo para el usuario al 01800 0014800 o desde Estados Unidos y Canadá al 1888 5943372 o directamente al Instituto Nacional de Ecología a los teléfonos 5624-3442 o 5624-3495

**DATOS DE REGISTRO**

<b>1) NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA QUE SOLICITA EL TRÁMITE</b> <sup>3</sup>		B.RFC _____						
<b>2) NÚMERO DE REGISTRO DEL SIEM*</b>	<b>3) CÁMARA A LA QUE PERTENECE, NÚMERO DE REGISTRO Y FECHA*</b>							
<b>4) ACTIVIDAD PRODUCTIVA PRINCIPAL DEL ESTABLECIMIENTO</b> <sup>4</sup>	<b>CLAVE CMAP</b>	<b>CÓDIGO AMBIENTAL (CA)</b> <sup>5</sup>						
<b>5) DOMICILIO DEL ESTABLECIMIENTO</b>								
Parque o Puerto Industrial ( ) Especifique cual: _____								
Centro Poblado ( ) Calle _____								
No. Exterior y No. Interior o No. de Manzana y Lote: _____ Colonia: _____								
Localidad (excepto D.F.): _____ Código Postal _____								
Municipio o Delegación: _____ Entidad Federativa: _____								
Teléfonos: _____ Fax: _____ Correo Electrónico _____								
<b>6) DOMICILIO PARA OÍR Y RECIBIR NOTIFICACIONES</b> (En caso de ser distinto al del establecimiento)								
Calle: _____ No. Exterior y No. Interior o No. de Manzana y Lote: _____								
Colonia: _____ Municipio o Delegación: _____								
Código Postal: _____ Entidad Federativa: _____								
Teléfonos: _____ Fax: _____ Correo Electrónico: _____								
<b>FECHA DE INICIO DE OPERACIÓN:</b> <sup>1</sup> Día _____ Mes _____ Año _____								
<b>7) NÚMERO DE TRABAJADORES EQUIVALENTE</b> <sup>6*</sup>		<b>9) TOTAL DE HORAS SEMANALES TRABAJADAS EN PLANTA:</b> _____						
Empleados: _____ Obreros: _____ Total: _____								
<b>10) NÚMERO DE TRABAJADORES PROMEDIO, POR DÍA Y POR TURNO LABORADO*</b> (Considerar un turno por cada horario diferente. No deje espacios vacíos. Si no hay información, anote NA / no aplica)								
(1) Turnos		<b>Número de trabajadores promedio</b>						
No.	Horario	L	M	M	J	V	S	D
1								
2								
3								
<b>11) ¿ES MAQUILADORA DE RÉGIMEN DE IMPORTACIÓN TEMPORAL?*</b> Si ( ) No ( )		<b>12) ¿PERTENECE A UNA CORPORACIÓN?*</b> Si ( ) No ( ) Indique cual: _____						
<b>13) PARTICIPACIÓN DE CAPITAL*:</b> Sólo nacional ( ) Mayoría nacional ( ) Mayoría extranjero ( ) Sólo extranjero ( )								
<b>14) NÚMERO DE EMPLEOS INDIRECTOS A GENERAR*:</b>					<b>15) INVERSIÓN ESTIMADA (M.N.):*</b>			
<b>16) NOMBRE DEL GESTOR O PROMOVENTE</b> (Anexar carta poder en hoja membretada del establecimiento industrial y firmada por su representante legal)							<b>RFC</b>	

<sup>3</sup> Anexar fotostática

<sup>4</sup> Esta sección será llenada por la SEMARNAP. Presente copia fotostática simple del documento probatorio, por ejemplo, licencia estatal o municipal, documento de radicación de impuestos, alta en secretarías de estado, licencia de uso de suelo.

<sup>5</sup> Sección será llenada por la SEMARNAP.

<sup>6</sup> El número que resulta de dividir entre 2000 el total de horas trabajadas anualmente, considerando por separado empleados y obreros, para luego sumar el total

\* Esta información es opcional para el particular

\*\* En caso de presentar Estudio de Riesgo deberá anexarse una hoja membretada de la empresa encargada de la elaboración del estudio. En la cual se deberá señalar el nombre de la misma, su domicilio, el nombre del responsable de la elaboración del estudio, su puesto y firma.

Logotipo de  
la empresa

**[NOMBRE DE LA EMPRESA]**

México D.F., a **XX** de **XXXX** del **20XX**

**[NOMBRE DEL DIRECTOR GENERAL DE MATERIALES, RESIDUOS Y ACTIVIDADES RIESGOSAS]**  
Director General de Materiales Residuos  
y Actividades Riesgosas

Por medio de la presente, la empresa **[NOMBRE DE LA EMPRESA QUE ELABORÓ EL ESTUDIO]**, ubicada en **[DOMICILIO PARA OIR Y RECIBIR NOTIFICACIONES DE LA EMPRESA]**, hace constar que el presente estudio fue elaborado bajo la responsabilidad DE **[NOMBRE DEL RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO]**, quien atiende el puesto de **[NOMBRE DEL PUESTO]**, siguiendo los lineamientos establecidos en la *Guía para la Elaboración de Estudios de Riesgo (Instalaciones en operación)* emitida por la Dirección General a su cargo.

Atentamente,

**[Nombre y firma del representante legal de la empresa]**

**[Nombre y firma del responsable de estudio]**

1 - MEDIO DE EXTINCION:					
NIEBLA DE AGUA:	ESPUMA:	HALON.	CO <sub>2</sub>	POLVO QUIMICO SECO:	OTROS:

EQUIPO ESPECIAL DE PROTECCION (GENERAL) PARA COMBATE DE INCENDIO.

3 - PROCEDIMIENTO ESPECIAL DE COMBATE DE INCENDIO:

4.- CONDICIONES QUE CONDUCEN A UN PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION NO USUALES:

5.- PRODUCTOS DE LA COMBUSTION

**SECCION VI: DATOS DE RECTIVIDAD**

1 - SUSTANCIA		2.- CONDICIONES A EVITAR
ESTABLE	INESTABLE	

3.- INCOMPATIBILIDAD (SUSTANCIAS A EVITAR):

4.- DESCOMPOSICION DE COMPONENTES PELIGROSOS.

5.- POLIMERIZACION PELIGROSA:		6.- CONDICIONES A EVITAR:
PUUEDE OCURRIR	NO PUEDE OCURRIR	

**SECCION VII: RIESGOS PARA LA SALUD**

VIAS DE ENTRADA	SINTOMAS DEL LESIONADO	PRIMEROS AUXILIOS
1 - INGESTION ACCIDENTAL		
2 - CONTACTO CON LOS OJOS		
3.- CONTACTO CON LA PIEL		
4 - ABSORCION		
5.- INHALACION		

6.- SUSTANCIA QUIMICA CONSIDERADA COMO CANCERIGENA (SEGUN NORMATIVIDAD DE LA STPS Y SSA):

STPS SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ SSA SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ OTROS ESPECIFICAR

**SECCION VIII: INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAMES:**

**SECCION IX: EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL**

1.- ESPECIFICAR TIPO:

2 - VENTILACION

**SECCION X: INFORMACION SOBRE TRANSPORTACION (DE ACUERDO CON LA REGLAMENTACION DE TRANSPORTE):**

**SECCION XI: INFORMACION ECOLOGICA (DE ACUERDO CON LAS REGLAMENTACIONES ECOLOGICAS)**

**SECCION XII: PRECAUCIONES ESPECIALES**

1.- DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO:

2.- OTRAS:



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **DIPLOMADO INTERNACIONAL EN RIESGO AMBIENTAL**

## **MODULO I: INTRODUCCION AL RIESGO AMBIENTAL**

### **TEMA**

## **LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOZAS**

**EXPOSITOR: ING. BERNARDO AGUILAR CALVO  
PALACIO DE MINERIA  
JUNIO 2001**

**CONTENIDO**

	<b>Página</b>
<b>PRIMER LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS 1990</b>	1
<b>EL SEGUNDO LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS 1992</b>	10

**ACUERDO POR EL QUE LAS SECRETARIAS DE GOBERNACION Y DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA, CON FUNDAMENTO EN LO DISPUESTO POR LOS ARTICULOS 5 FRACCION X Y 146 DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE; 27 FRACCION XXXII Y 37 FRACCIONES XVI Y XVII DE LA LEY ORGANICA DE LA ADMINISTRACION PUBLICA FEDERAL, EXPIDEN EL PRIMER LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS.**

	<b>Fecha de publicación</b>	<b>Fecha de entrada en vigor</b>
<b>Expedición</b>	28 de marzo de 1990	29 de marzo de 1990

**Artículo 1.-** Se considerará como actividad altamente riesgosa, el manejo de sustancias peligrosas en un volumen igual o superior a la cantidad de reporte.

**Artículo 2.-** Para los efectos de este ordenamiento se considerarán las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y las siguientes:

**Cantidad de reporte:** Cantidad mínima de sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o la suma de éstas, existentes en una instalación o medio de transporte dados, que al ser liberada, por causas naturales o derivadas de la actividad humana, ocasionaría una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

**Manejo** Alguna o el conjunto de las actividades siguientes, producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final de sustancias peligrosas

**Sustancia peligrosa:** Aquélla que por sus altos índices de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radiactividad, corrosividad o acción biológica puede ocasionar una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

**Sustancia tóxica:** Aquélla que puede producir en organismos vivos, lesiones, enfermedades, implicaciones genéticas o muerte

**Artículo 3.-** Con base en lo previsto en el artículo primero, se expide el primer listado de actividades altamente riesgosas, que corresponde a aquéllas en que se manejen sustancias tóxicas. Estas actividades son la producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final de las sustancias que a continuación se indican, cuando se manejen volúmenes iguales o superiores a las cantidades de reporte siguientes

**I. Cantidad de reporte: a partir de 1 kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

ACIDO CIANHIDRICO  
ACIDO FLUORHIDRICO-(FLUORURO DE HIDROGENO)  
ARSINA  
CLORURO DE HIDROGENO  
CLORO (1)  
DIBORANO  
DIOXIDO DE NITROGENO  
FLUOR

FOSGENO  
HEXAFLUORURO DE TELURIO  
OXIDO NITRICO  
OZONO (2)  
SELENIURO DE HIDROGENO  
TETRAFLUORURO DE AZUFRE  
TRICLORURO DE BORO

b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido

ACROLEINA  
ALIL AMINA  
BROMURO DE PROPARGILO  
BUTIL VINIL ETER  
CARBONILO DE NIQUEL  
CICLOPENTANO  
CLOROMETIL METIL ETER  
CLORURO DE METACRILATO  
DIOXOLANO  
DISULFURO DE METILO  
FLUORURO CIANURICO  
FURANO  
ISOCIANATO DE METILO  
METIL HIDRACINA  
METIL VINIL CETONA  
PENTABORANO  
SULFURO DE DIMETILO  
TRICLOROETIL SILANO

c) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido

2 CLOROFENIL TIUREA  
2,4 DITIOBIURET  
4,6 DINITRO -O- CRESOL  
ACIDO BENZEN ARSENICO  
ACIDO CLOROACETICO  
ACIDO FLUOROACETICO  
ACIDO METIL -O- CARBAMILO  
ACIDO TIOCIANICO 2-BENZOTIANICO  
ALDICARBONO  
ARSENIATO DE CALCIO  
BIS CLOROMETIL CETONA  
BROMODIOLONA  
CARBOFURANO (FURADAN)  
CARBONILOS DE COBALTO  
CIANURO DE POTASIO  
CIANURO DE SODIO  
CLOROPLATINATO DE AMONIO  
CLORURO CROMICO  
CLORURO DE DICLORO BENZALKONIO  
CLORURO PLATINOSO  
COBALTO  
COBALTO (2, 2-(1,2 - ETANO

COMPLEJO DE ORGANORODIO  
DECABORANO  
DICLORO XILENO  
DIFACIONONA  
DIISOCIANATO DE ISOFORONA  
DIMETIL -P- FENILENDIAMINA  
DIXITOXIN  
ENDOSULFAN  
EPN  
ESTEREATO DE CADMIO  
ESTRICNINA  
FENAMIFOS  
FENIL TIUREA  
FLUOROACETAMIDA  
FOSFORO (ROJO, AMARILLO Y BLANCO)  
FOSFORO DE ZINC  
FOSMET  
HEXACLORO NAFTALENO  
HIDRURO DE LITIO  
METIL ANZIFOS  
METIL PARATION  
MONOCROTOFOS (AZODRIN)  
OXIDO DE CADMIO  
PARAQUAT  
PARAQUAT-METASULFATO

PENTADECILAMINA  
PENTOXIDO DE ARSENICO  
PENTOXIDO DE FOSFORO  
PENTOXIDO DE VANADIO  
PIRENO  
PIRIDINA, 2 METIL, 5 VINIL  
SELENIATO DE SODIO  
SULFATO DE ESTRICNINA  
SULFATO TALOSO  
SULFATO DE TALIO  
TETRACLORURO DE IRIDIO  
TETRACLORURO DE PLATINO  
TETRAOXIDO DE OSMIO  
TIOSEMICARBAZIDA  
TRICLOROFON  
TRIOXIDO DE AZUFRE

## **II. Cantidad de reporte: a partir de 10 kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso

ACIDO SULFHIDRICO  
AMONIACO ANHIDRO  
FOSFINA  
METIL MERCAPTANO  
TRIFLUORURO DE BORO

b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

1, 2, 3, 4 DIEPOXIBUTANO  
2. CLOROETANOL  
BROMO  
CLORURO DE ACRILOILO  
ISOFLUORFATO  
MESITILENO  
OXICLORURO FOSFOROSO  
PENTACARBONILO DE FIERRO  
PROPIONITRILO  
PSEUDOCUMENO  
TETRACLORURO DE TITANIO  
TRICLORO (CLOROMETIL) SILANO  
VINIL NORBORNENO

c) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido:

ACETATO DE METOXIETILMERCURIO  
ACETATO FENIL MERCURICO  
ACETATO MERCURICO  
ARSENITO DE POTASIO  
ARSENITO DE SODIO  
ASIDA DE SODIO  
BROMURO CIANOGENO  
CIANURO POTASICO DE PLATA  
CLORURO DE MERCURIO  
CLORURO DE TALIO  
FENOL  
FOSFATO ETILMERCURICO  
HIDROQUINONA  
ISOTIOSIANATO DE METILO  
LINDANO  
MALONATO TALOSO  
MALONONITRILO  
NIQUEL METALICO  
OXIDO MERCURICO  
PENTACLOROFENOL  
PENTACLORURO DE FOSFORO  
SALCOMINA  
SELENITO DE SODIO  
TELURIO  
TELURITO DE SODIO  
TIOSEMICARBACIDA ACETONA  
TRICLORURO DE GALIO  
WARFARIN

### III. Cantidad de reporte: a partir de 100 kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso.

BROMURO DE METILO  
ETANO (3)  
OXIDO DE ETILENO

b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido

2. 6 -DIISOCIANATO DE TOLUENO  
ACETALDEHIDO (3)  
ACETATO DE VINILO  
ACIDO NITRICO  
ACRILONITRILLO  
ALCOHOL ALILICO  
BETA PROPIOLACTONA  
CLOROACETALDEHIDO  
CROTONALDEHIDO  
DISULFURO DE CARBONO  
ETER BIS - CLORO METILICO  
HIDRACINA  
METIL TRICLORO SILANO  
NITROSODIMETILAMINA  
OXIDO DE PROPILENO  
PENTAFLUORURO DE ANTIMONIO  
PERCLOROMETIL MERCAPTANO  
PIPERIDINA  
PROPILENIMINA  
TETRAMETILO DE PLOMO  
TETRANITROMETANO  
TRICLORO BENCENO  
TRICLORURO DE ARSENICO  
TRITOXISILANO  
TRIFLUORURO DE BORO

C) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido

ACIDO CRESILICO  
ACIDO SELENIOSO  
ACRILAMIDA  
CARBONATO DE TALIO  
METOMIL  
OXIDO TALICO  
YODURO CIANOGENO

**IV. Cantidad de reporte: a partir de 1.000 kg.**

a) En el caso de la siguiente sustancia en estado gaseoso.

BUTADIENO

b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido

ACETONITRILLO

Listado de Actividades Altamente Riesgosas

BENCENO (3)  
CIANURO DE BENCILO  
CLOROFORMO  
CLORURO DE BENZAL  
CLORURO DE BENCILO  
2, 4-DIISOCIANATO DE TOLUENO  
EPICLOROHIDRINA  
ISOBUTIRONITRILLO  
OXICLORURO DE SELENIO  
PEROXIDO DE HIDROGENO  
TETRACLORURO DE CARBONO (3)  
TETRAETILO DE PLOMO  
TRIMETILCLORO SILANO

**V. Cantidad de reporte: a partir de 10.000 kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado liquido:

2.4.6 TRIMETIL ANILINA  
ANILINA  
CICLOHEXILAMINA  
CLORURO DE BENCEN SULFONILO  
DICLOROMETIL FENIL SILANO  
ETILEN DIAMINA  
FORATO  
FORMALDEHIDO CIANO HIDRINA  
GAS MOSTAZA: SINONIMO (SULFATO DE BIS (2-CLOROETILO))  
HEXA CLORO CICLO PENTADIENO  
LACTONITRILLO  
MECLORETAMINA  
METANOL  
OLEUM  
PERCLOROETILENO (3)  
SULFATO DE DIMETILO  
TIOCIANATO DE ETILO  
TOLUENO (3)

**VI. Cantidad de reporte: a partir de 100.000 kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado liquido

1.1 -DIMETIL HIDRACINA  
ANHIDRIDO METACRILICO  
CUMENO  
DICLORVOS  
ETER DICLOROETILICO  
ETER DIGLICIDILICO  
FENIL DICLORO ARSINA  
NEVINFOS (FOSFORIN)  
OCTAMETIL DIFOSFORAMIDA  
TRICLORO FENIL SILANO

**VII. Cantidad de reportes a partir de 1'000,000 kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido

ADIPONITRILO  
CLORDANO  
DIBUTILFTALATO  
DICROTOFOS (BIDRIN)  
DIMETIL 4 ACIDO FOSFORICO  
DIMETILFTALATO  
DIOCTILFTALATO  
FOSFAMIDON  
METIL-5-DIMETON  
NITROBENCENO  
TRICLORURO FOSFOROSO

(1) Se aplica exclusivamente a actividades industriales y comerciales.

(2) Se aplica exclusivamente a actividades donde se realicen procesos de ozonización

(3) En virtud de que esta sustancia presenta además propiedades explosivas o inflamables, también será considerada, en su caso, en el proceso para determinar los listados de actividades altamente riesgosas, correspondientes a aquéllas en que se manejen sustancias explosivas o inflamables

**Artículo 4.-** Se exceptúa del listado de actividades altamente riesgosas, previsto en el artículo anterior, el uso o aplicación de plaguicidas con propiedades tóxicas

**Artículo 5.-** Para efectos del presente Acuerdo, se entenderá como sustancias en estado sólido, aquéllas que se encuentren en polvo menor de 10 micras.

**Artículo 6.-** En el caso de las sustancias señaladas en el artículo 3 que correspondan a plaguicidas, la cantidad de reporte se entenderá referida a su ingrediente técnico llamado también activo  
En los demás casos, las cantidades de reporte de las sustancias indicadas en este Acuerdo, deberán considerarse de conformidad con su más alto porcentaje de concentración. Cuando dichas sustancias se encuentran en solución o mezcla, deberá realizarse el cálculo correspondiente, a fin de determinar la cantidad de reporte para el caso de que se trate.

**Artículo 7.-** Las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología, previa opinión de las Secretarías de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Comercio y Fomento Industrial; de Salud; Agricultura y Recursos Hidráulicos y del Trabajo y Previsión Social, podrán ampliar y modificar el listado objeto del presente Acuerdo, con base en el resultado de investigaciones que al efecto se lleven a cabo

TRANSITORIO



Listado de Actividades Altamente Riesgosas

ARTICULO UNICO.- El presente acuerdo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación

**ACUERDO POR EL QUE LAS SECRETARIAS DE GOBERNACION Y DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA, CON FUNDAMENTO EN LO DISPUESTO POR LOS ARTICULOS 5 FRACCION X Y 146 DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE; 27 FRACCION XXXII Y 37 FRACCIONES XVI Y XVII DE LA LEY ORGANICA DE LA ADMINISTRACION PUBLICA FEDERAL, EXPIDEN EL SEGUNDO LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS**

	Fecha de publicación	Fecha de entrada en vigor
Expedición:	4 de mayo de 1992	5 de mayo de 1992

**CONSIDERANDO**

Que la regulación de las actividades altamente riesgosas, está contemplada en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, como asunto de alcance general de la nación o de interés de la Federación y se prevé que una vez hecha la determinación de las mismas se publicarán los listados correspondientes

Que el criterio adoptado para determinar cuales actividades deben considerarse como altamente riesgosas, se fundamenta en que la acción o conjunto de acciones, ya sean de origen natural o antropogénico, estén asociadas con el manejo de sustancias con propiedades inflamables, explosivas, tóxicas, reactivas, radioactivas, corrosivas o biológicas, en cantidades tales que, en caso de producirse una liberación, sea por fuga o derrame de las mismas o bien una explosión, ocasionarían una afectación significativa al ambiente a la población o a sus bienes

Que por lo tanto, se hace necesario fijar dicha cantidad para cada sustancia peligrosa que presente las propiedades antes mencionadas. A esta cantidad se le denomina cantidad de reporte

Que con base en el criterio anterior se ha procedido a determinar las actividades altamente riesgosas en función de las propiedades de las sustancias que se manejen y a agrupar dichas actividades en los listados correspondientes

Que cuando una actividad este relacionada con el manejo de una sustancia que presente más de una de las características de peligrosidad señaladas, en cantidades iguales o superiores a su cantidad de reporte, dicha actividad será considerada altamente riesgosa y se incluirá en cada uno de los listados que correspondan.

Que el 28 de marzo de 1990 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el primer listado de actividades altamente riesgosas que corresponde a aquéllas en que se manejen sustancias tóxicas.

Que mediante este Acuerdo se expide el segundo listado de actividades altamente riesgosas que corresponde a aquéllas en que se manejen sustancias inflamables y explosivas, en cantidades tales que de producirse una liberación, ya sea por fuga o derrame de las mismas en la producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final provocaría la formación de nubes inflamables, cuya concentración sería semejante a la de su límite inferior de inflamación de nubes inflamables, cuya concentración sería semejante a la de su límite inferior de inflamabilidad, en un área determinada por una franja de 100 metros de longitud en torno de las instalaciones o medio de transporte dados, y en el caso de formación de nubes explosivas, la presencia de ondas de sobrepresión de 0.5 lb/pulg<sup>2</sup>., en esa misma franja.

Que tanto el primer listado que corresponde al manejo de sustancias tóxicas y éste, concerniente al manejo de sustancias inflamables y explosivas, así como los subsecuentes que se expidan para el caso de aquéllas actividades relacionadas con el manejo de sustancias reactivas, corrosivas o biológicas, constituirán el sustento para determinar las normas técnicas de seguridad y operación, así como para la elaboración y presentación de los programas para la

prevención de accidentes, previstos en el artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, mismos que deberán observarse en la realización de dichas actividades.

Que aún cuando las actividades asociadas con el manejo de sustancias con propiedades radiactivas, podrían considerarse altamente riesgosas, las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología no establecerán un listado de las mismas, en virtud de que la expedición de las normas de seguridad nuclear, radiológica y física de las instalaciones nucleares o radiactivas compete a la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal y a la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, con la participación que en su caso corresponda a la Secretaría de Salud, de conformidad con lo dispuesto por la legislación que de manera específica regula estas actividades

Que la Secretaría de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología, previa Paraestatal, de Comercio y Fomento Industrial, de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de Salud y del Trabajo y Previsión Social, así como con la participación de la Secretaría de la Defensa Nacional, llevaron a cabo los estudios que sirvieron de sustento para determinar los criterios y este segundo listado de actividades que deben considerarse altamente riesgosas.

En mérito de lo anterior, hemos tenido a bien dictar el siguiente:

#### ACUERDO

**Artículo 1** - Se expide el segundo listado de actividades altamente riesgosas que corresponde a aquellas en que se manejen sustancias inflamables y explosivas

**Artículo 2.-** Se considerará como actividad altamente riesgosa, el manejo de sustancias peligrosas en cantidades iguales o superiores a la cantidad de reporte

**Artículo 3.-** Para los efectos de este Acuerdo se considerarán las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y las siguientes:

**CANTIDAD DE REPORTE:** Cantidad mínima de sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o la suma de éstas, existentes en una instalación o medio de transporte dados, que al ser liberada, por causas naturales o derivadas de la actividad humana, ocasionaría una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes

**MANEJO** Alguna o el conjunto de las actividades siguientes: producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final de sustancias peligrosas.

**SUSTANCIA PELIGROSA:** Aquella que por sus altos índices de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radiactividad, corrosividad o acción biológica puede ocasionar una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes

**SUSTANCIA INFLAMABLE** Aquella que es capaz de formar una mezcla con el aire en concentraciones tales para prenderse espontáneamente o por la acción de una chispa

**SUSTANCIA EXPLOSIVA:** Aquella que en forma espontánea o por acción de alguna forma de energía, genera una gran cantidad de calor y energía de presión en forma casi instantánea.

**Artículo 4.-** Las actividades asociadas con el manejo de sustancias inflamables y explosivas que deben considerarse altamente riesgosas son la producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso y disposición final

de las sustancias que a continuación se indican, cuando se manejen cantidades iguales o superiores a las cantidades de reporte siguientes:

**I. Cantidad de reporte: a partir de 500 Kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

ACETILENO  
ACIDO SULFHIDRICO  
ANHIDRIDO HIPOCLOROSO  
BUTANO (N.ISO)  
BUTADIENO  
1-BUTENO  
2-BUTENO (CIS.TRANS)  
CIANOGENO  
CICLOBUTANO  
CICLOPROPANO  
CLORURO DE METILO  
CLORURO DE VINILO  
DIFLUORO 1-CLOROETANO  
DIMETIL AMINA  
2,2-DIMETIL PROPANO  
ETANO  
ETER METILICO  
ETILENO  
FLUORURO DE ETILO  
FORMALDEHIDO  
HIDROGENO  
METANO  
METILAMINA  
2-METIL PROPENO  
PROPANO  
PROPILENO  
PROPINO  
SULFURO DE CARBONILO  
TETRAFLUOROETILENO  
TRIFLUOROCLOROETILENO  
TRIMETIL AMINA

b) En el caso de las sustancias en estado gaseoso no previstas en el inciso anterior y que tengan las siguientes características:

Temperatura de inflamación  $\geq 37.8$  °C  
Temperatura de ebullición  $< 21.1$  °C  
Presión de vapor  $> 760$  mm Hg

c) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

2-BUTINO  
CLORURO DE ETILO  
ETILAMINA  
3-METIL-1-BUTENO  
METIL ETIL ETER

Listado de Actividades Altamente Riesgosas

NITRITO DE ETILO  
OXIDO DE ETILENO  
1-PENTANO

**II. Cantidad de reporte: a partir de 3.000 Kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado liquido.

ACETALDEHIDO  
ACIDO CIANHIDRICO  
AMILENO (CIS.TRANS)  
COLODION  
DISULFURO DE CARBONO  
2-METIL-1-BUTENO  
2-METIL-2-BUTENO  
OXIDO DE PROPILENO  
PENTANO (N.ISO)  
1-PENTENO  
1-PENTENO  
SULFURO DE DIMETILO

**III. Cantidad de reporte: a partir de 10.000 Kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado liquido:

ACROLEINA  
ALIL AMINA  
BROMURO DE ALILO  
CARBONILO DE NIQUEL  
CICLOPENTANO  
CICLOPENTENO  
1-CLORO PROPILENO  
2-CLORO PROPILENO  
CLORURO DE ALILO  
CLORURO DE ACETILO  
CLORURO DE PROPILO (N.ISO)  
1,1-DICLOROETILENO  
DIETILAMINA  
DIHIDROPIRAN  
2,2-DIMETIL BUTANO  
2,3-DIMETIL BUTANO  
2,3-DIMETIL 1-BUTENO  
2,3-DIMETIL-2-BUTENO  
2-ETIL 1-BUTENO  
ETER DIETILICO  
ETER VINILICO  
ETILICO MERCAPTANO  
ETOXIACETILENO  
FORMIATO DE ETILO  
FORMIATO DE METILO  
FURANO  
ISOPRENO  
ISOPROPENIL ACETILENO

2-METIL PENTANO  
 3-METIL PENTANO  
 2-METIL-1-PENTENO  
 2-METIL-2-PENTENO  
 4-METIL-1-PENTENO  
 4-METIL-2-PENTENO  
 2-METIL-2-PROPANOTIOL  
 METIL PROPIL ACETILENO  
 METIL TRICLOROSILANO  
 PROPIL AMINA (N.ISO)  
 PROPENIL ETIL ETER  
 TETRAHIDROFURANO  
 TRICLOROSILANO  
 VINIL ETIL ETER  
 VINIL ISOPROPIL ETER

**IV. Cantidad de reporte: a partir de 20.000 Kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido

ACETATO DE ETILO  
 ACETATO DE METILO  
 ACETATO DE VINILO  
 ACETONA  
 ACRILATO DE METILO  
 ACRILONITRILO  
 ALCOHOL METILICO  
 ALCOHOL ETILICO  
 BENCENO  
 1-BROMO-2-BUTENO  
 BUTILAMINA (N.ISO,SEC.TER)  
 CICLOHEXANO  
 CICLOHEXENO  
 CICLOHEPTANO  
 2-CLORO-2-BUTENO  
 CLORURO DE BUTILO (N.ISO,SEC.TER)  
 CLORURO DE VINILIDENO  
 DICLOROETANO  
 DICLOROETILENO (CIS,TRNS)  
 1,2-DICLOROETILENO  
 DIMETIL DICLOROSILANO  
 1,1-DIMETIL HIDRAZINA  
 2,3 DIMETIL PENTANO  
 2,4 DIMETIL PENTANO  
 DIMETOXI METANO  
 DIISOBUTILENO  
 DIISOPROPILAMINA  
 DIOXOLANO  
 ETER ETIL PROPILICO  
 ETER PROPILICO (N.ISO)  
 ETIL BUTIL ETER  
 ETIL CICLOBUTANO

ETIL CICLOPENTANO  
ETIL DICLOROSILANO  
ETIL METIL CETONA  
ETILENIMINA  
FORMIATO DE PROPILO (N.ISO)  
FLUOROBENCENO  
1-HEXENO  
2-HEXENO (CIS.TRANS)  
HEPTANO (N.ISO Y MEZCLAS DE ISOMEROS)  
HEPTENO  
HEPTILENO  
HEPTILENO 2-TRANS  
1,4 HEXADIENO  
HEXANO (N. ISO Y MEZCLAS DE ISOMEROS)  
ISOBUTIRALDEHIDO  
2-METIL FURANO  
METIL CICLOHEXANO  
METIL CICLOPENTANO  
METIL DICLOROSILANO  
METIL ETER PROPILICO  
2-METIL HEXANO  
3-METIL HEXANO  
METIL HIDRAZINA  
2-METIL-1.3-PENTADIENO  
4-METIL-1.3-PENTADIENO  
METIL PIRROLIDINA  
2-METIL TETRAHIDROFURANO  
METIL VINIL CETONA  
MONOXIDO DE BUTADIENO  
NITRATO DE ETILO  
2,5-NORBORNADIENO  
OXIDO DE BUTILENO  
OXIDO DE PENTAMETILENO  
1,2-OXIDO DE BUTILENO  
PIRROLIDINA  
PROPIONALDEHIDO  
PROPIONATO DE METILO  
PROPIONATO DE VINILO  
TRIEILAMINA  
2,2,3-TRIMETIL BUTANO  
2,3,3-TRIMETIL 1-BUTENO  
2,3,4-TRIMETIL 1-PENTENO  
2,4,4-TRIMETIL 2-PENTENO  
3,4,4-TRIMETIL 2-PENTENO  
TRIMETILCLOROSILANO  
VINIL ISOBUTIL ETER

**V. Cantidad de reporte: a partir de 50,000 Kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso.

GAS L. P. COMERCIAL (1)

**VI. Cantidad de reporte: a partir de 100,000 Kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

ACETATO DE PROPILO (N.ISO)  
ALCOHOL ALILICO  
ALCOHOL DESNATURALIZADO  
ALCOHOL PROPILICO (ISO)  
AMILAMINA (N.SEC)  
BROMURO DE N-BUTILO  
BUTIRATO DE METILO  
BUTIRONITRILO (N.ISO)  
1,2-DICLOROPROPANO  
2,3-DIMETIL HEXANO  
2,4-DIMETIL HEXANO  
P-DIOXANO  
ETER ALILICO  
FORMIATO DE ISOBUTILO  
2-METIL-2-BUTANOL  
2-METIL BUTIRALDEHIDO  
2-METIL-3-ETIL PENTANO  
3-METIL-2-BUTANOTIOL  
METIL METACRILATO  
PIPERIDINA  
PIRIDINA  
PROPIONATO DE ETILO  
PROPIONITRILO  
TETRAMETILO DE PLOMO  
2,2,3-TRIMETIL PENTANO  
2,2,4-TRIMETIL PENTANO  
2,3,3-TRIMETIL PENTANO  
TOLUENO

**VII. Cantidad de reporte: a partir de 200,000 Kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

ACETAL  
ACETATO DE BUTILO (ISO.SEC)  
ACETATO DE ISOAMILO  
ACETATO DE ISOPROPENILO  
ACETONITRILO  
ACRILATO DE ISOBUTILO  
ALCOHOL AMILICO (N.SEC)  
ALCOHOL BUTILICO (ISO.SEC.TERT)  
AMIL MERCAPTAN  
BENZOTRIFLUORURO  
1-BUTANOL  
BUTIL MERCAPTAN (N.SEC)  
BUTIRATO DE ETILO (N.ISO)  
CLOROBENCENO  
CLORURO DE AMILO  
CROTONALDEHIDO

CUMENO  
DIETILCETONA  
DIETILICO CARBONATO  
1.3-DIMETIL BUTILAMINA  
1.3-DIMETIL CICLOHEXANO  
1.4-DIMETIL CICLOHEXANO (CIS.TRANS)  
ESTIRENO  
ETIL BENCENO  
ETIL BUTILAMINA  
2-ETIL BUTIRALDEHIDO  
ETIL CICLOHEXANO  
ETILENDIAMINA  
ETILENO-GLICOL DIETILICO ETER  
FERROPENTACARBONILO  
ISOBROMURO DE AMILO  
ISOFORMIATO DE AMILO  
METACRILATO DE ETILO  
METIL ISOBUTIL CETONA  
METIL PROPIL CETONA  
NITROETANO  
NITROMETANO  
OCTANO (N.ISO)  
OCTENO (ISO)  
1-OCTENO  
2-OCTENO  
  
OXIDO DE MESITILO  
2.2.5-TRIMETIL HEXANO  
VINIL TRICLOROSILANO  
XILENO (M.O.P)

**VIII. Cantidad de reporte: a partir de 10,000 Kg.**

a) En el caso de las sustancias en estado liquido, no previstas en las fracciones anteriores y que tengan las siguientes características:

Temperatura de inflamación	¾ 37.8 °C
Temperatura de ebullición	- 21.1 °C
Presion de vapor	¾ 760 mm Hg

**IX. Cantidad de reporte: a partir de 10,000 Barriles.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado liquido

GASOLINAS (1)  
KEROSENAS INCLUYE NAFTAS Y DIAFANO (1)

(1) Se aplica exclusivamente a actividades industriales y comerciales

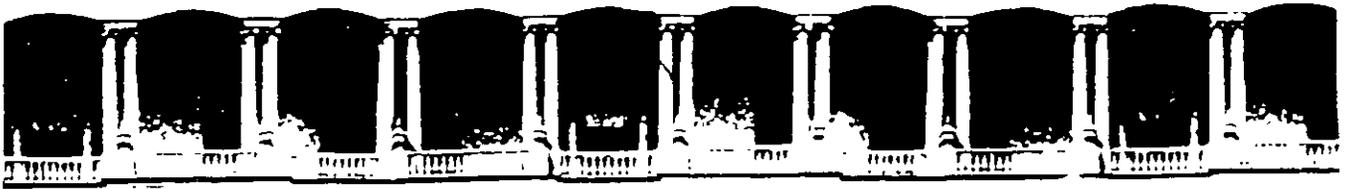
**Artículo 5.-** Se exceptúa de este listado a las actividades relacionadas con el manejo de las sustancias a que se refiere el artículo 41 de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos.

**Artículo 6.-** Las cantidades de reporte de las sustancias indicadas en este Acuerdo, deberán considerarse referidas a su más alto porcentaje de concentración. Cuando dichas sustancias se encuentran en solución o mezcla, deberá realizarse el cálculo correspondiente, con el fin de determinar la cantidad de reporte para el caso de que se trate

**Artículo 7.-** Las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología, previa opinión de las Secretarías de Energía Minas e Industria Paraestatal; de Comercio y Fomento Industrial, de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de Salud y del Trabajo y Previsión Social podrán ampliar y modificar el listado objeto del presente Acuerdo, con base en el resultado de las investigaciones que sobre el particular se lleven a cabo

#### TRANSITORIO

ARTICULO UNICO - El presente Acuerdo, entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación En las secretarías de Energía Minas e Industria Paraestatal, de Comercio y Fomento Industrial, de Agricultura y Recursos



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**“Tres décadas de orgullosa excelencia” 1971 - 2001**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO INTERNACIONAL EN  
RIESGO AMBIENTAL**

**MODULO I: INTRODUCCIÓN AL RIESGO  
AMBIENTAL**

**TEMA**

**PROGRAMAS PARA LA PREVENCION DE ACCIDENTES**

**EXPOSITOR: ING. MIGUEL ANGEL MARTINEZ GALVAN  
PALACIO DEMINERIA  
JUNIO 2001**



## Programas para la prevención de accidentes



### *¿Quiénes tienen que realizar Programas para la Prevención de Accidentes?*

El Artículo 147 de la Ley, establece que quienes realicen actividades altamente riesgosas y formulen un estudio de riesgo ambiental, deberán someter a la aprobación de la Secretaría y de las Secretarías de Gobernación, de Energía, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, y del Trabajo y Previsión Social, los programas para la prevención de accidentes en la realización de tales actividades, que puedan causar graves desequilibrios ecológicos.

### *¿En qué consiste un Programa para la Prevención de Accidentes?*

Es un programa especializado que deben elaborar las empresas que realizan actividades altamente riesgosas, basado en los resultados obtenidos en un Estudio de Riesgo Ambiental, que integra la organización, los recursos humanos y materiales, planes, procedimientos, medidas y acciones preventivas y de preparación de la respuesta a emergencias que involucren materiales peligrosos, así como para la recuperación y restauración, a fin de proteger a los trabajadores, a la población, al ambiente y los recursos naturales.

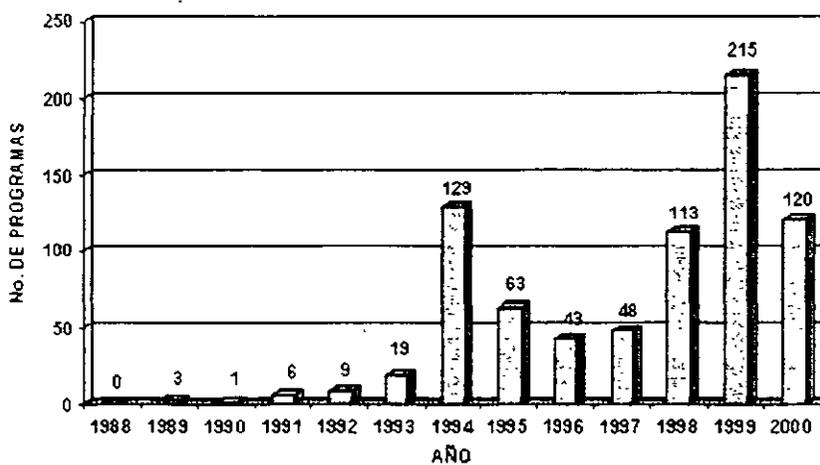
### *¿Qué mecanismo se ha establecido para el análisis y aprobación de los Programas para la Prevención de Accidentes?*

Para atender lo dispuesto en el artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico, en materia de aprobación de Programas para la Prevención de Accidentes (PPA), en abril de 1989, Dependencias de las Secretarías a que se refiere dicho artículo: SEMARNAP, SEGOB, SECOFI, SE, SSA y STPS, integraron un Grupo de Trabajo bajo la denominación de Comité de Análisis y Aprobación de los Programas para la Prevención de Accidentes (COAAPP), Este Comité coordinó la integración de la Guía para la elaboración de los Programas para la Prevención de Accidentes (PPA), que deben presentar las empresas que realizan Actividades Altamente Riesgosas (AAR). Desde entonces el COAAPP ha funcionado con base en acuerdos anuales de las dependencias participantes. Para la formalización de este comité se cuenta con un proyecto para establecer las bases de Coordinación, así como un Manual de Operación, que se aplica para la atención de los PPA. Bajo este marco, las empresas que realizan

AAR elaboran con el sustento técnico de un estudio de riesgo y con base en los lineamientos de la Guía, el PPA con un enfoque de prevención y respuesta a accidentes. Este PPA es sometido a consideración del INE, quién emite los resultados de su evaluación a los proponentes, a fin de que sean considerados en la actualización e instrumentación de dicho Programa bajo un esquema de autoregulación, al tiempo que se establecen las bases para programar su presentación ante el Comité, para su dictaminación. El ingreso de los PPA ante el INE se da básicamente por requerimiento de las Delegaciones Federales de la PROFEPA, derivado de las inspecciones y auditorías ambientales; por requerimiento del INE a través de las resoluciones en materia de riesgo e impacto ambiental, tratándose de actividades altamente riesgosas; o bien por iniciativa propia de las empresas. Durante el periodo 1993 a 2000, la guía que ha servido de base para el desarrollo de los PPA fue la revisión 06. En septiembre de 1999 se iniciaron los trabajos para la actualización de dicha guía, mismos que concluyeron en julio de 2000; la nueva guía (Revisión 07) aparece en la Página de INTERNET del INE.

**¿Cuántos Programas para la Prevención de Accidentes se han desarrollado?**

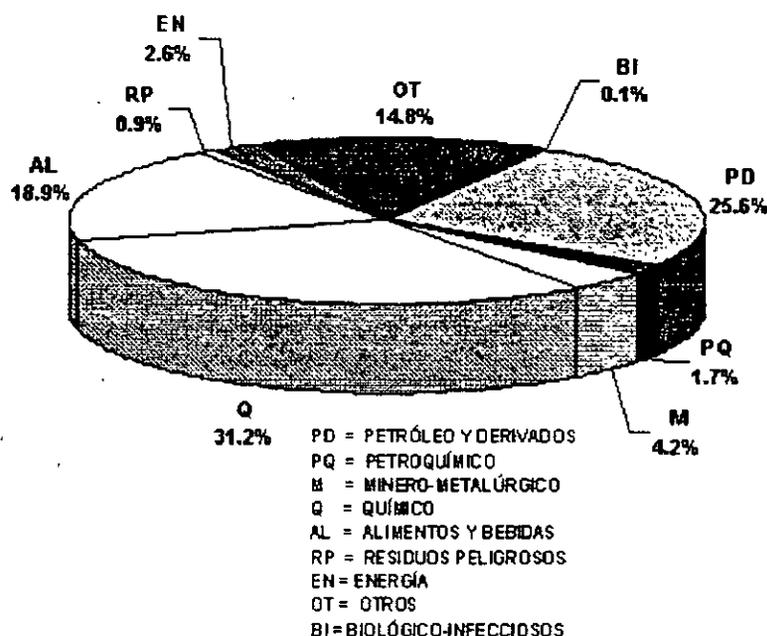
**Evolución del desarrollo de los programas para la prevención de accidentes  
1988-Julio 2000**



**TOTAL INGRESADOS = 769**

**¿Qué tipo de empresas han realizado Programas para la Prevención de Accidentes?**

**Distribución de empresas que han realizado programas para la prevención de accidentes 1988-2000**



**¿Cómo se organizan las empresas para responder a los accidentes en sus instalaciones?**

Para optimizar la respuesta a las emergencias que puedan resultar como consecuencia de un accidente en instalaciones en las que se realizan actividades altamente riesgosas se ha promovido la creación de Comités Locales de Ayuda Mutua (CLAM), en la que las empresas vecinas se apoyen mutuamente. En el cuadro siguiente se indica cuántos CLAM se han constituido en el territorio nacional.

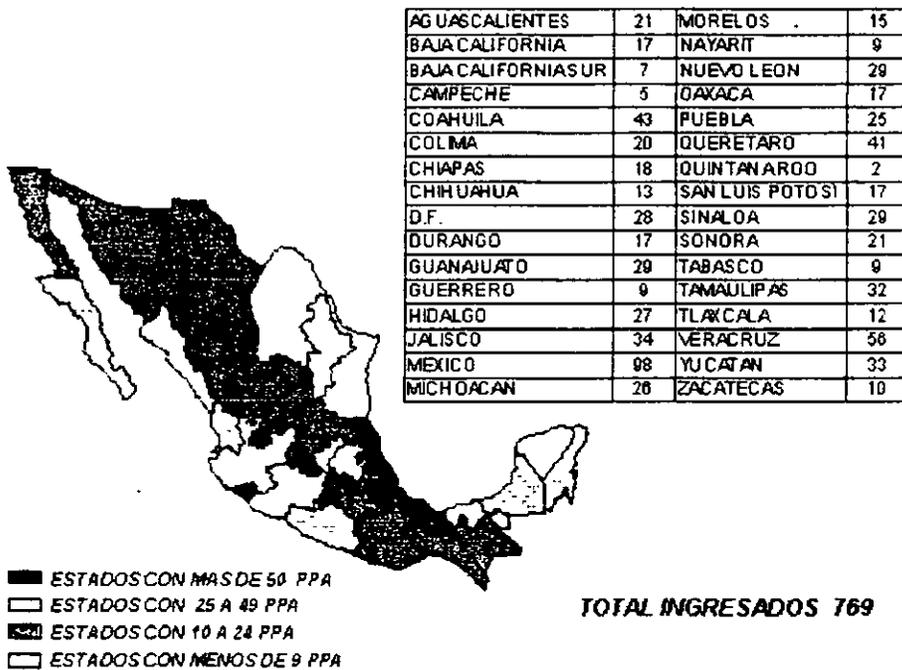
**Distribución geográfica de los comités locales de ayuda mutua**

AGUASCALIENTES	1	MORELOS	1
BAJA CALIFORNIA	S/D	NAYARIT	S/D
BAJA CALIFORNIA SUR	S/D	NUEVO LEÓN	6
CAMPECHE	S/D	OAXACA	S/D
COAHUILA	1	PUEBLA	2
COLIMA	S/D	QUERETARO	S/D
CHIAPAS	S/D	QUINTANA ROO	S/D
CHIHUAHUA	S/D	SAN LUIS POTOSÍ	1**



*¿Cómo se distribuyen geográficamente las empresas que han realizado Programas para la Prevención de Accidentes?*

**Distribución geográfica de las empresas que han realizado programas para la prevención de accidentes 1988-2000**



*¿Cómo se evalúa la instrumentación de los Programas para la Prevención de Accidentes?*

A partir de 1998, se estableció un proyecto para evaluar la instrumentación



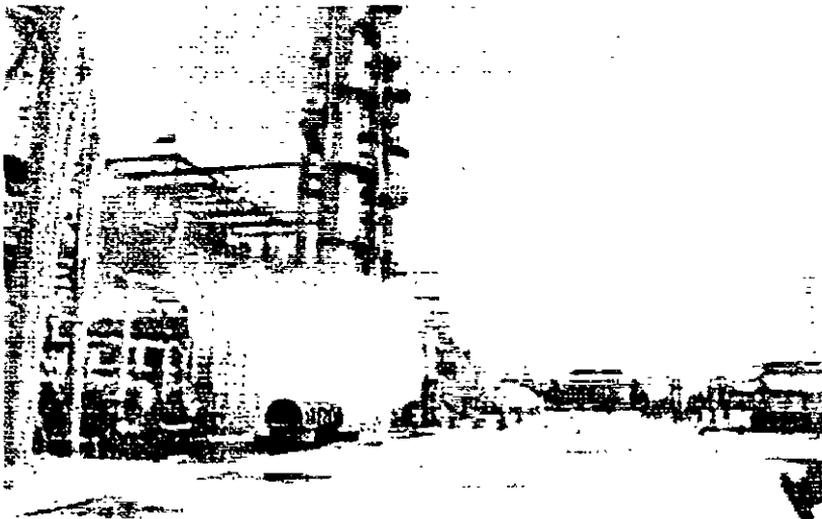
de los Programas para la Prevención de Accidentes en entidades en las que se encuentra un número importante de actividades altamente riesgosas, a través de la organización de foros intersectoriales para revisar los avances en su implementación y de la realización de un simulacro para determinar si la respuesta a la emergencia es adecuada. En el cuadro siguiente se resumen las actividades realizadas en la materia.



**Foros y simulacros realizados para evaluar la instrumentación de los programas para la prevención de accidentes  
1998-Julio 2000**

<b>LUGAR</b>	<b>FECHA</b>	<b>SIMULACRO</b>
Corredor Industrial Altamira, Tamps.	19 y 20/may/1998	Nube tóxica/fuga de cloro.
Zona Industrial de Coatzacoalcos, Ver.	22 y 23/oct /1998	Nube explosiva y tóxica/ fuga de dimetil amina.
Zona Industrial de Matamoros, Tamps.	12 y 13/nov/1998	Nube tóxica/ fuga de metil metacrilato.
Corredor Industrial de Sta. Catarina y Zona Industrial del Centro de Monterrey N.L.	22 y 23/mar/1999	Nube explosiva/ fuga de gas LP.
Corredor Industrial de Lerma, Edo. de Méx.	25 y 26/mar/1999	Nube explosiva y tóxica/ fuga de dimetil amina.

<p>Complejo Petroquímico Industrial <b>San Martín Texmelucan, Pue.</b></p>	<p>27 y 28/mayo/1999</p>	<p><b>3 escenarios simultáneos</b>, debido al encadenamiento de eventos, provocados por Sismos, que se originan por el Colcán Popocatepetl..</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rescate de un trabajador en la planta de acrilonitrilo.</li> <li>2. Fuga de amoniaco en la Casa de Bombas.</li> <li>3. Explosión e Incendio por Derrame de Polímero Petroquímico.</li> </ol>
<p>Zona Industrial del Centro de <b>Tlalnepantla, Edo. de Méx.</b></p>	<p>14 y 15/jun/1999</p>	<p>Derrame e Incendio por Colisión de una Pipa y un Camión en una Avenida.</p>
<p>Centro Industrial del Centro de Cuernavaca (CIVIC) <b>Jiutepec, Morelos</b></p>	<p>18 y 19/may/2000</p>	<p>Fuga de ixido de etileno transportado en autotanque.</p>
<p>Cd. Juárez Chihuahua</p>	<p>8/junio/2000 El foro y el simulacro se realizaron en un solo día</p>	<p>Fuga de ácido clorhídrico en transportación. El escenerio fue montado en la explanada de la Universidad Autónoma de Cd. Juárez.</p>
<p>Zona Industrial de Potosí, San Luis Potosí, San Luis Potosí</p>	<p>7/julio/2000</p>	<p>No se ralizó simulacro.</p>



**Resultados de Foros Participantes  
por Entidad y Sector Social**

	AÑO	GOB.	IND.	ACAD.	ONG'S	MEDIOS	COM.	TOT.
TAMPICO-ALTAMIRA, TAMAULIPAS	1998	50	225	0	65	10	250	6
COATZACOALCOS, VERACRUZ	1998	50	100	0	15	15	70	2
MATAMOROS, TAMAULIPAS	1998	50	50	5	20	5	70	2
STA. CATARINA- MONTERREY, NUEVO LEÓN	1999	50	75	5	20	10	40	2
LERMA, ESTADO DE MEXICO	1999	50	50	10	30	20	90	2
SAN MATIN TEXMELICAN, MÉXICO	1999	60	260	20	20	20	20	4
TLALNEPANTLA, ESTADO DE MÉXICO	1999	120	250	0	10	10	10	4
MORELOS, MICHOACÁN	2000	60	130	20	20	10	110	3
CD. JUÁREZ, CHIHUAHUA	2000	50	65	10	20	10	0	1
SAN LUIS POSTOSÍ, S.L.P.	2000	6	12	0	4	1	0	2
<b>SUB-TOTAL</b>		546	1217	70	224	111	660	28

***¿Qué se está haciendo para promover el establecimiento de Programas Municipales para la Prevención de Accidentes?***

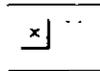
Con el objeto de apoyar el establecimiento de Programas Municipales para la Prevención de Accidentes Químicos y el fortalecimiento de capacidades de gestión en la materia, se elaboró un documento intitulado "Promoción de la Prevención de Accidentes Químicos", en el cual se incluye una guía para el diseño de los programas citados.

Actualmente, se trabaja con las autoridades municipales de León, Guanajuato, en el diseño del primer Programa Municipal de Prevención de Accidentes Químicos.

El contenido de esta sección es responsabilidad de la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas



Comentarios o Sugerencias sobre esta pagina



---

Última actualización. 23/01/01

Sistema Nacional de Información Ambiental



## Guía para la Elaboración de Programas para la Prevención de Accidentes



### *Comite de Análisis y Aprobación de los Programas para la Prevención de Accidentes (COAAPPA)*

- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca/Instituto Nacional de Ecología/Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas
- Secretaría de Gobernación/Dirección General de Protección Civil
- Secretaría de Gobernación/Centro Nacional de Prevención de Desastres
- Secretaría de Energía/Dirección General de Seguridad y Protección ambiental
- Secretaría de Salud/Dirección General de Salud Ambiental
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social/Dirección General de Seguridad e Higiene en el Trabajo
- Secretaría de Economía/Dirección General de Industrias

Haga click aquí para obtener el archivo de la guía.

## CONTENIDO

### *I.- Documentos Intersecretariales Regulatorios para la Prevención de Accidentes*

#### **Secretaría de Energía**

Relacionar e identificar los equipos e instalaciones a los que se les aplica la normatividad vigente de la Secretaría de Energía en materia de gas L.P., gas natural e instalaciones eléctricas; debiendo acreditar el cumplimiento de esta normatividad, adjuntando al programa de prevención de accidentes, los dictámenes de la unidad de verificación acreditada y aprobada para tal efecto, y en su caso, el certificado correspondiente para tanques de almacenamiento de gas L.P.

#### **Instituto Nacional de Ecología**

- Copia del oficio resolutivo en materia de riesgo ambiental

- Comprobantes del cumplimiento de condicionantes del oficio resolutivo en materia de riesgo ambiental

## ***II.- Lineamientos para la Elaboración del Plan de Preparación, Concientización y Respuesta a Emergencias por Accidentes Químico***

### **Marco Referencial**

#### **1. Información General**

001 Datos de la Empresa

002 Datos del Promovente

#### **2.- Evaluación Riesgo de la Planta**

003 Informe Técnico del Estudio de Riesgo

004 Hojas de Datos de Seguridad

005 Plano de Distribución del Establecimiento con Escenarios de Riesgos

#### **3.- Análisis de Vulnerabilidad en el Entorno de la Planta**

006 Geológica

007 Hidrometeorológica

008 Población Afectable

009 Incompatibilidad de Actividades

010 Vial

011 Ambiental

012 Plano de Localización de Establecimientos con Escenarios de Vulnerabilidad

### **Nivel Interno del Plan**

#### **4. Organización**

013 Organigrama

014 Funciones

015 Directorio

016 Relación de Expertos

017 Recursos Humanos

## **5. Inventario y mantenimiento de Equipos y Servicio de Emergencia**

018 Centro de Operaciones

019 Dispositivos para Determinar la Dirección del Viento

020 Extintores

021 Sistemas Contra Incendios

022 Equipo/Instalaciones contra Explosiones

023 Equipo e Instalaciones contra Fugas Derrames y de Contención

024 Equipo de Protección Personal de Emergencia

025 Instalaciones de Atención Médica y Equipo de Primeros Auxilios

026 Sistemas y Equipo de Comunicación y Alarma

027 Unidades de Transporte Personal

028 Rutas de Evacuación y Centros de Concentración

029 Equipos y Materiales para Descontaminación

030 Plano de Distribución de Equipos

## **6. Plan de Emergencias**

031 Procedimientos Específicos contra Fugas, Derrames, Incendios y Explosiones

032 Procedimiento de Evacuación

033 Procedimientos de Búsqueda y Rescate; Triage y; Primeros Auxilios

034 Procedimiento para Afectaciones debido a Fenómenos Naturales

035 Procedimiento para Declarar el Fin de la Emergencia

036 Procedimiento de Post-Emergencia

## **7. Capacitación y Simulacros**

037 Programa Anual

## **Nivel Externo del Plan**

## **8.- Infraestructura y Servicios**

038 Existentes

039 Necesarios

## **9. Procedimientos de Comunicación de la Emergencia**

040 Con Autoridades Locales y de Protección Civil, Industria, Población Afectable y Medios de Difusión

041 Voceros (s)

## **10. Equipos**

042 Apoyo de la Empresa para la Emergencia en el Exterior

## **11. Capacitación y Simulacros**

043 Programa Anual

## **12. Evacuación**

044 Rutas de Evacuación

045 Centros de Concentración

046 Albergues

## **13. Notificación**

## 047 Comunicación de Riesgos a Autoridades Locales

### **Empresas Organizadas en Grupos de Ayuda Mutua**

Las empresas que participen en un Grupo de Ayuda Mutua tendrán la posibilidad de presentar de manera conjunta el nivel externo, mediante el presidente o similar de la citada organización, para la cual deberán desarrollar el nivel externo del Plan de respuesta a emergencias como grupo.

Una vez aprobado el nivel externo del grupo, dicha aprobación será considerada válida para todos los agremiados que realicen actividades altamente riesgosas. Debiendo presentar a manera individual los documentos intersecretaroriales regulatorios de la prevención de accidentes y el nivel interno del plan de respuesta a emergencias.

Para tal efecto se deberá cumplir con el desarrollo del nivel externo como grupo y presentar los siguientes requisitos:

048 Acta constitutiva o carta compromisos de las empresas participantes

049 Reglamento del grupo de ayuda mutua

### ***III.- Instructivo***

001 Formato 1 anexo.

002 Proporcionar los datos de la (s) personas que harán la gestión de este trámite ante el Instituto Nacional de Ecología.

003 Formato 2 anexo, instructivo anexo.

004 Contenido de acuerdo con la hoja de datos de seguridad de acuerdo a la NOM-018-STPS anexo 3.

005 Presentar un plano de distribución con escala 1:250 y 1:500. En el caso de complejos industriales se puede presentar esta información de manera modular o seccionada indicando la ubicación de cada sección en un lay-out el cual será presentado en un acuerdo de cada plano.

Presentar el diagrama de pétalos de los riesgos identificados, la ubicación y cantidad de los materiales peligrosos, así como la superficie del predio de la empresa en el plano solicitado en el párrafo anterior de acuerdo a los siguientes criterios:

<b>Tipo de Riesgo</b>	<b>Zona de Alto Riesgo</b>	<b>Zona de Amortiguamiento</b>
Toxicidad	IDLH	0.3 IDLH
Inflamabilidad	5KW/m <sup>2</sup> ó 1500 BTU/Ft <sup>2</sup> h	1.4 KW/m <sup>2</sup> ó 440 BTU/Ft <sup>2</sup> h
Explosividad	1.0 Ib/pulg <sup>2</sup>	0.5 Ib/pulg <sup>2</sup>

006 Indicar si el área en la que se ubica la empresa es susceptible a sismicidad, deslizamientos, flujo de lodos, hundimientos, derrumbes o se encuentra en una área afectada por actividad volcánica y cuales serían las afectaciones para la empresa.

007 Indicar si la empresa se encuentra dentro de una zona susceptible a huracanes, maremotos, inundaciones por lluvias torrenciales o desbordamientos de cuerpos de agua como ríos lagos, lagunas y presas, y cuales serían las afectaciones para la empresa.

008 Indicar el número estimado de personas potencialmente afectadas en el interior de la planta en caso de accidente, considerando las áreas de riesgo y amortiguamiento identificados en el estudio de riesgos.

009 Indicar si la realización de otras actividades riesgosas o altamente riesgosas ubicadas dentro de las áreas de riesgo y amortiguamiento de la planta en estudio pudieran incrementar al nivel de riesgo de la zona.

010 Especificar las calles, avenidas, carreteras que pudieran ser afectadas por una emergencia, así como la problemática existente para ser utilizadas para la llegada de apoyo externo o evacuación de la zona potencialmente afectada.

011 Indicar las posibles afectaciones al suelo, aire, cuerpos de agua, zonas naturales protegidas, así como fauna y flora, debido a las actividades realizadas por la empresa.

012 Presentar un plano legible de localización, con equipamiento urbano, carta urbana o foto mapa, con escala entre 1:5000 y 1:10000 señalando la ubicación de la planta, nombres de las calles, empresas de los predios colindantes y las actividades que desarrollan, zonas habitadas (Rurales o Urbanas) esta información será presentada en un área comprendida en cuando menos dos veces la distancia de la mayor afectación obtenida de los eventos simulados, tomando el límite del predio como punto de partida para medir la distancia solicitada. en este plano también se indicara el diagrama de pétalos con los criterios solicitados en el punto 005 de este instructivo.

013 Presentar el organigrama la estructura interna de protección civil para la respuesta a la emergencia.

014 Funciones y responsabilidades, que desarrollan las personas manifestadas en el organigrama del punto 013.

015 Presentar un directorio de los integrantes responsables de unidad interna de Protección Civil, en el que se incluya nombre, cargo en la empresa, cargo en la organización, número telefónico/extensión de la planta, dirección y número telefónico particular.

016 Presentar un directorio de especialistas en el manejo de materiales peligrosos y respuesta a emergencias específicas a los que pudiera recurrir la empresa en caso necesario.

017 Indicar en número de personas que participan en la unidad Interna de Protección Civil.

018 Indicar el sitio que servirá como centro de comando para ejecutar las acciones de coordinación y comunicación durante el desarrollo de una emergencia y hasta el fin de la misma.

La ubicación del Centro de comando deberá determinarse en función de los alcances de las posibles afectaciones determinadas en el estudio de riesgo considerado su fácil acceso y comunicación.

019 Mencionar si se cuenta con veletas, mangas, o algún otro dispositivo que indique a las personas hacia donde dirigirse en caso de una evacuación por una nube de material tóxico o de vapor inflamable.

020 Indicar tipos y capacidad de extintores con que cuenta la empresa.

021 Indicar si la empresa cuenta con redes o sistemas fijos como; hidrantes monitores, aspersores, detectores de atmósferas inflamables u otro equipo o instalaciones semejantes.

022 Indicar las medidas que ha adoptado la empresa para prevenir o mitigar: impactos de ondas explosivas (muros, instalaciones subterráneas del material peligroso etc.) así como fugas de materiales tóxicos e inflamables.

023 Indicar si la empresa cuenta con equipos para detener las fugas originadas por materiales peligrosos, asimismo, si cuenta con diques para contener los posibles

derrames, así como equipo para su recuperación.

024 Indicar los tipos de equipos con que cuenta la planta para atender la emergencia como son auto-contenido, traje de bombero, trajes encapsulados etc.

025 Indicar el equipo médico y de primeros auxilios con que cuenta la empresa para atención de posibles afectaciones de materiales peligrosos como; camillas, antidotos para las afectaciones de los materiales manejados, respiradores artificiales, ambulancia, inmovilizadores para fracturas, etc.

026 Indicar la forma como se detecta una emergencia así como la forma de comunicarla en los diferentes niveles (prealerta, alerta y alarma) de la emergencia, a todas las personas en el interior de la planta, así como para el exterior; (tablero de control sistematizado, accionadores de alarma o botoneras, intercomunicadores, teléfonos, etc.)

027 Indicar si cuenta con camiones, camionetas, automóviles que pudieran ser utilizados para la evacuación del personal o traslado de personas lesionadas.

028 Indicar las rutas que se utilizarán en caso de emergencia y los lugares al interior de la planta en los que se reunirán las personas que se encuentren en la planta en el momento de una emergencia.

029 Indicar los equipos y materiales para la descontaminación específica de las áreas equipos y ropa debido a la liberación accidental de materiales peligrosos en un accidente.

030 Presentar un plano en que se indique la ubicación de cada uno de los equipos manifestados en los puntos 18-28, las rutas de evacuación y los centros de concentración. Para cumplir este punto se puede utilizar el plano indicado en el punto 005, en caso de no estar saturado de información y haciendo la aclaración respectiva en este apartado.

Asimismo es necesario se identifique claramente la información solicitada en el párrafo anterior, utilizando simbología a color para que no se confunda con los trazos originales del plano.

031 Los procedimientos para este rubro deben desarrollarse con base y para la respuesta específica de los riesgos identificados por la empresa en el estudio de riesgos, con objeto de actuar inmediatamente evitando la manifestación de los accidentes mayores.

Especificar en ellos a los responsables y las acciones a desarrollar por la unidad

032 Presentar el procedimiento de evacuación a ejecutar por la unidad interna de protección civil, considerando lo siguiente:

- Repliegue al interior de la planta
- Evacuación total de la planta
- Rutas de repliegue y evacuación
- Centro de conteo o reunión

033 Describir las acciones para identificar a las personas que llegaran a faltar en las zonas de concentración después de una evacuación así como para organizar para organizar la búsqueda y en su caso el rescate de éstas, asimismo las acciones a desarrollar para seleccionar a las personas por grado de atención para primeros auxilios o atención médica.

034 Describir las acciones a realizar por la unidad interna de protección civil en caso de enfrentar afectaciones por fenómenos naturales, de acuerdo a la vulnerabilidad indicada en el apartado 3, con objeto de evitar un encadenamiento y se origine a una emergencia química y el impacto a la comunidad.

035 Describir las acciones a seguir por la unidad interna de protección civil para dar por terminada la emergencia, el desarrollo monitoreos o detección de atmósferas tóxicas, explosivas o inflamables considerando las concentraciones o niveles de toxicidad, inflamabilidad o radiación térmica manifestados por la empresa en las hojas de datos de seguridad del anexo 3.

036 Describir las acciones de la unidad interna de protección civil para la limpieza y descontaminación física, química o biológica que ha de realizarse a los equipos o sitios que estuvieron en contacto con la sustancia liberada (Ropa, equipo y áreas en general).

037 Presentar el programa de capacitación y simulacros que aplicará anualmente al personal que dará respuesta a las emergencias potenciales de la empresa, así como al personal en general, considerando lo siguiente:

- Peligros de los productos manejados.
- Riesgos mayores identificados en el estudio de riesgo.
- Información de las hojas de datos de seguridad de los materiales manejados por el promovente.
- Sistemas de comunicación y alarma
- Ubicación y uso de equipos de control y contención de fugas, derrames e incendio.
- Señalamientos
- Uso y mantenimiento de equipode protección personal.
- Primeros auxilios para la atención específica de las afectaciones de las sustancias

manejadas.

- Rutas de evacuación y centros de conteo donde se reunirá el personal dentro y fuera de la planta.
- Organización interna de protección civil.
- El promovente puede incorporar otros temas de capacitación y entrenamiento relacionados con las AAR que realiza, además de los anteriores listados.

038 Indicar las Instituciones de servicios que podrían ser utilizadas en una emergencia originada por la empresa, incluyendo el directorio telefónico de las mismas (Hospitales, Bomberos, Policía, Tránsito, Ejército, Marina, Grupos Consultores o especialistas de respuesta a emergencias químicas en la localidad.), utilizar el plano solicitado en el punto 012 para indicar su ubicación y distancia a la planta.

039 La empresa manifestada en este punto la información relativa a los recursos e infraestructura no disponibles en la localidad, y es necesaria para una mejor respuesta a emergencias.

040 Describir el procedimiento de comunicación de alerta y alarma en caso de emergencia, con grupos externos y población involucrados, principalmente las autoridades locales.

Considerar en este los canales de comunicación con que cuenta la unidad interna de protección civil (claves, señales, tipos de alarma, duración del sonido, alcance) es importante indicar en este apartado las horas y días de prueba de la alarma con objeto de evitar confusiones.

041 Indicar la persona que será la que comunique oficialmente la información de la situación en los diferentes niveles de la emergencia y el fin de la misma; al público afectable, a las autoridades y los medios de comunicación interesados.

042 Presentar un listado de los equipos que la empresa dispone para emergencias en el exterior.

043 Empresa presentará una propuesta de temario de capacitación y simulacros, el cual sería aplicado a los posibles grupos de respuesta externa y a la población afectable. El cual debe considerarse al menos, los riesgos potenciales de la empresa, como protegerse de ellos y/o mitigar sus efectos, los sistemas de alarma y comunicación, las rutas de evacuación y los centros de conteo.

044 Con base en la información técnica elaborada por la empresa, esta debe proponer las rutas de evacuación más seguras, que se deben seguir en caso de una emergencia, hasta el límite de la distancia mayor obtenida en el estudio de riesgo.

045 De acuerdo con el análisis de vulnerabilidad elaborado por la empresa y al número de personas afectables (trabajadores y población) esta propondrá fuera de las zonas potencialmente afectadas, los sitios o instalaciones más seguras (parques, escuelas, iglesias, terrenos, etc.) que serían utilizados como áreas de concentración determinado por secciones quienes ocupan uno u otro centro entre las personas afectables con objeto de evitar confusión.

046 Indicar con base al punto anterior las áreas o instalaciones que podrían ser utilizadas como albergues, es decir por tiempos mas prolongados. Esta clasificación en virtud de los servicios con los que se pudiera contar los lugares seleccionados (techo, agua potable y sanitarios) para los casos en que la emergencia se pudiera prolongar a que la misma hubiera destruido las viviendas de las personas afectables.

La información solicitada en los apartados 45, 46 y 47 debe presentarse en un plano, pudiendo ser utilizado el indicado en el punto 012 del apartado de instrucciones, en caso de no estar saturado de información.

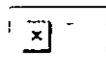
047 Presentar copia sellada de un escrito dirigido a las autoridades de Protección Civil locales, mediante el cual proporciona una copia del plan para la prevención de accidentes completo de la empresa.

048 Presentar el documento con el cual las empresas afiliadas al organismo y en el cual se indique claramente: el nombre de casa unas de ellas o de las personas responsables, las condiciones en las que se comprometen a participar en el grupo de ayuda mutua y las firmas.

049 Presentar el reglamento que regirá para las empresas afiliadas en el cual se indique claramente las funciones y responsabilidades de cada miembro así como organigrama y directorio telefónico.

El contenido de esta sección es responsabilidad de la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas

 [Comentarios o Sugerencias sobre esta página](#)



---

Última actualización 15/02/01

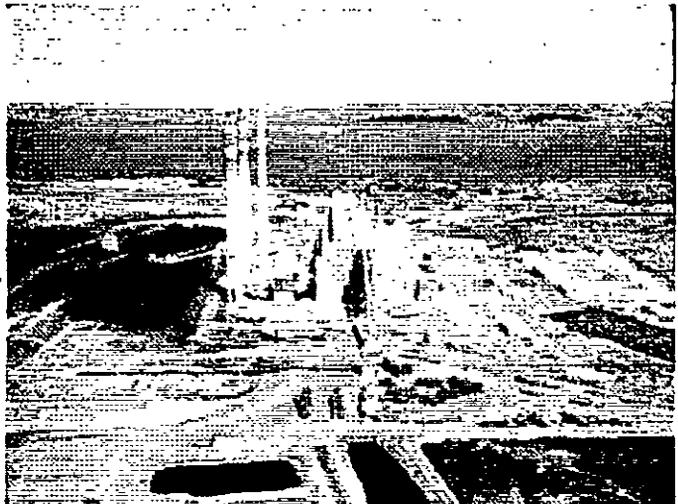
Sistema Nacional de Información Ambiental

## Estudios de Riesgo



### *¿A quien obliga la realización de los estudios de riesgo?*

De acuerdo con el Artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la realización de actividades industriales, comerciales o de servicios altamente riesgosas, se llevarán a cabo con apego a lo dispuesto por esta Ley, las disposiciones reglamentarias que de ella emanen y las normas oficiales mexicanas correspondientes.



Quienes realicen actividades altamente riesgosas, deberán formular y presentar a la Secretaría un estudio de riesgo ambiental.

A su vez, en el Artículo 30 de la Ley, se indica que cuando se trate de actividades consideradas como altamente riesgosas en los términos de la presente Ley, la manifestación de impacto ambiental de nuevos proyectos de actividades, deberá incluir el estudio de riesgo correspondiente.

Por lo anterior, tanto los nuevos proyectos de instalaciones, como las instalaciones en operación que realicen actividades altamente riesgosas, están obligados a sujetarse a la realización de un estudio de riesgo.

### *¿Qué estudios de riesgo se requiere realizar?*

Las actividades consideradas altamente riesgosas requieren desarrollar un estudio de riesgo, cuya complejidad está en función de la actividad propia de la instalación de acuerdo al diagrama que define el nivel de información necesaria para su evaluación. En este sentido, actualmente se cuenta con una guía única que establece tres niveles de

información y un nivel específico para el caso de ductos terrestres.

### ***¿Qué métodos se emplean para la realización de estudios de riesgo?***

Para la identificación y jerarquización de riesgos se puede recurrir a los siguientes métodos, la selección de éstos depende del nivel de estudio de riesgo que corresponda a la actividad en particular, de acuerdo al diagrama señalado en el punto anterior:

Lista de verificación.

¿Qué pasa si?

Análisis de Modo, Falla y Efecto (AMFE)

HAZOP

Árbol de fallas

Índice DOW

Índice MOND

### ***¿Qué herramientas se emplean para la realización de estudios de riesgo?***

Una parte de la información contenida en el estudio de riesgo es la evaluación de riesgos o de consecuencias; en la cual, para los riesgos identificados y jerarquizados a través de alguna o algunas de las metodologías mencionadas en el punto anterior, se determina las áreas de afectación a través de modelos matemáticos de simulación.

Los modelos que actualmente se utilizan para la evaluación de riesgos, son entre otros, los siguientes:

PHAST

TRACE

SCRI

ARCHIE

SPILL

ALOHA

TSCREEN

### ***¿Que elementos se obtienen del estudio de riesgo?***

Un estudio de riesgo debe permitir, entre otros, determinar:

- La probabilidad de que ocurran accidentes por explosión, incendio, fuga o derrame que involucre materiales peligrosos;
- Los posibles radios de afectación fuera de las instalaciones correspondientes;
- La severidad de la afectación en los distintos radios;
- Las medidas de seguridad a implantar para prevenir que ocurran los accidentes;

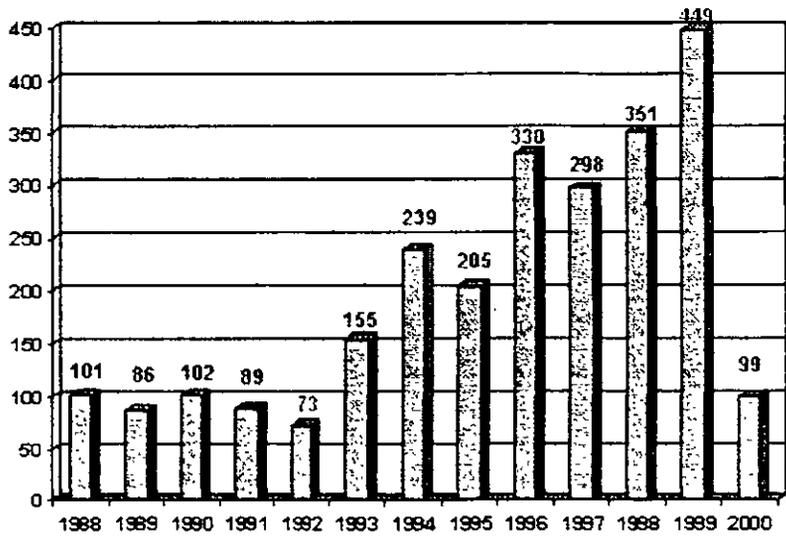
- El Programa de Emergencia Interno en caso de que ocurra un accidente.

**¿Cuántos estudios de riesgo se han realizado a la fecha?**

En las gráficas siguientes se describe la evolución de la realización de los estudios de riesgo:

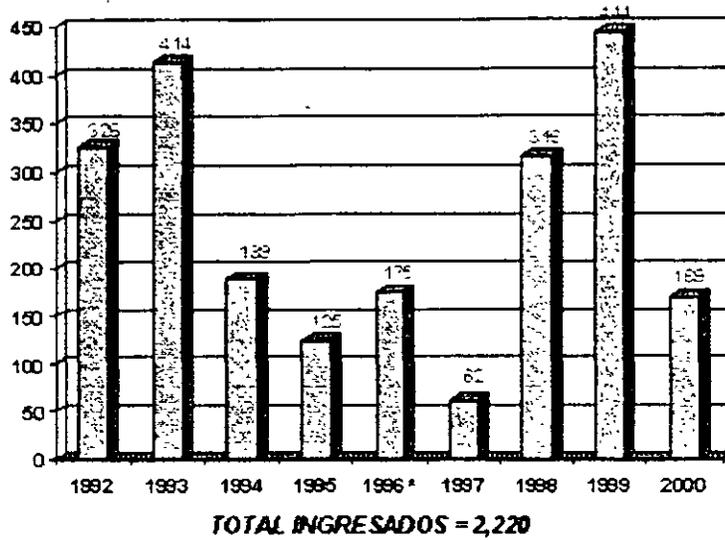
1. En el caso de nuevos proyectos.
2. Los que se desarrollaron voluntariamente en plantas en operación, antes de que fuera obligatoria su realización y en el marco del Programa Nacional para la Prevención de Accidentes de Alto Riesgo Industrial establecido.
3. En 1992, a raíz del accidente por explosión ocurrido en el drenaje en Guadalajara, Jalisco, y los que han efectuado las actividades altamente riesgosas en operación, después de 1996, en que fue reformada la ley y se creó esta obligación.

**Evolución del desarrollo de estudios de riesgo en nuevos proyectos  
1988-Mayo 2000**



**TOTAL INGRESADOS = 2,577**

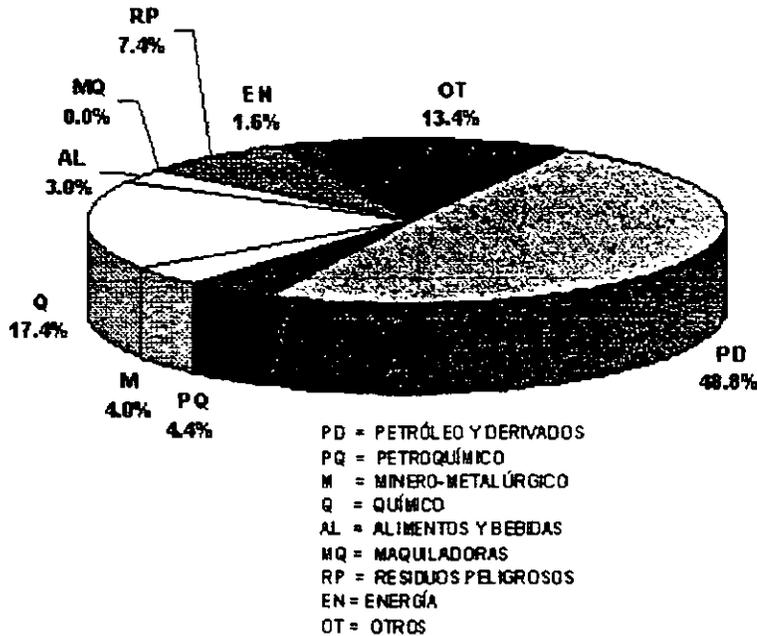
**Evolución del desarrollo de estudios de riesgo en plantas en operación  
1992-Mayo 2000**



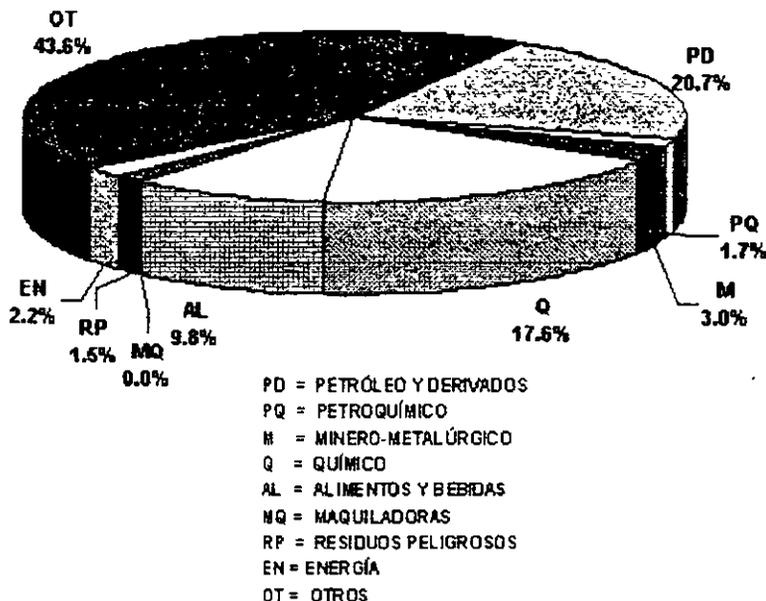
(\*) Año en que se reformó la Ley y se hizo obligatorio el Estudio de Riesgo en Plantas en Operación

*¿Qué tipo de actividades han realizado estudios de riesgo?*

**Distribución de los estudios de riesgo de nuevos proyectos por tipo de sector industrial o de servicios 1988-Mayo 2000**

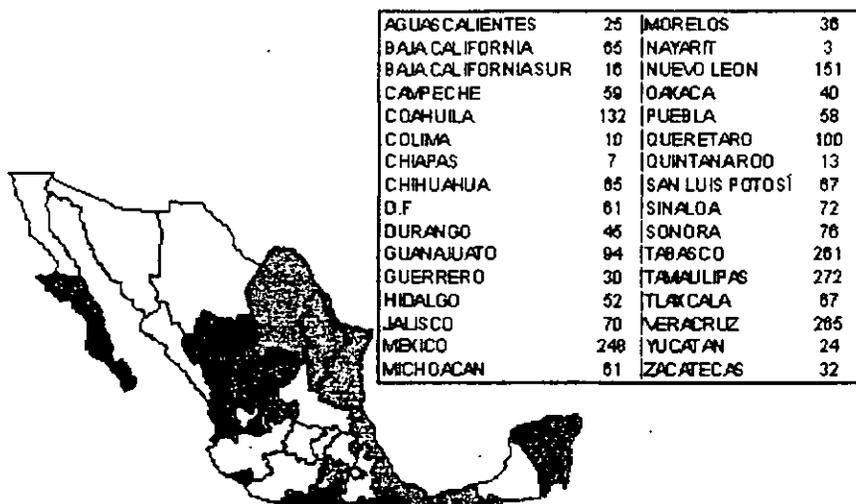


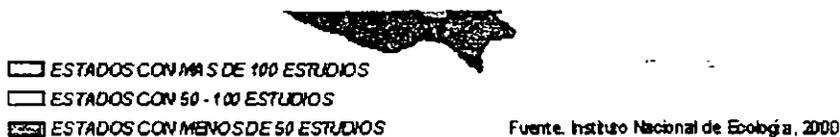
**Distribución de los estudios de riesgo de plantas en operación por tipo de sector industrial o de servicios 1992-Mayo 2000**



*¿Cómo se distribuyen en el territorio nacional las empresas que han realizado estudios de riesgo de nuevos proyectos y plantas en operación?*

**Distribución geográfica de las empresas que han realizado estudios de riesgo de nuevos proyectos 1988-Mayo 2000**





**Distribución geográfica de las empresas que han realizado estudios de riesgo de plantas en operación 1992-Mayo 2000**



El contenido de esta sección es responsabilidad de la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas

Comentarios

Comentarios o Sugerencias sobre esta página



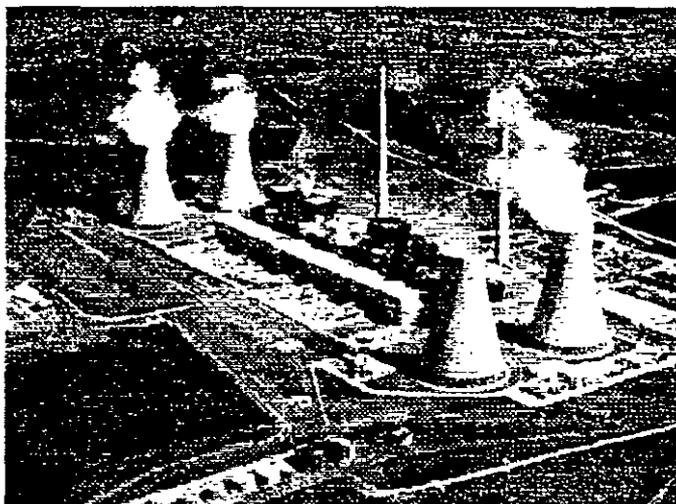
Sistema Nacional de Información Ambiental

## Clasificación de las Actividades Altamente Riesgosas



### *¿Cómo se clasifica una actividad como altamente riesgosa?*

De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), en la clasificación de las actividades como altamente riesgosas, se deberán tomar en cuenta:



“Las características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas para el equilibrio ecológico o el ambiente, de los materiales que se generen o manejen en los establecimientos industriales, comerciales o de servicios, considerando, además, los volúmenes de manejo y la ubicación del establecimiento”.

A la fecha, y a partir de 1988 en que se publicó la Ley, se han publicado en el Diario Oficial de la Federación dos listados, que refieren las sustancias tóxicas, explosivas e inflamables cuya presencia en las actividades, en cantidad igual o superior a las cantidades referidas en dichos listados (cantidades de reporte), permiten considerarlas como altamente riesgosas.

- Primer Listado (Manejo de Sustancias Tóxicas) 28 de marzo de 1990
- Segundo Listado (Manejo de Sustancias Inflamables y Explosivas) 4 de mayo de 1992

El contenido de esta sección es responsabilidad de la Dirección General de Materiales,

## Residuos y Actividades Riesgosas



Comentarios o Sugerencias sobre esta página



---

Última actualización: 15/11/00

Sistema Nacional de Información Ambiental

---

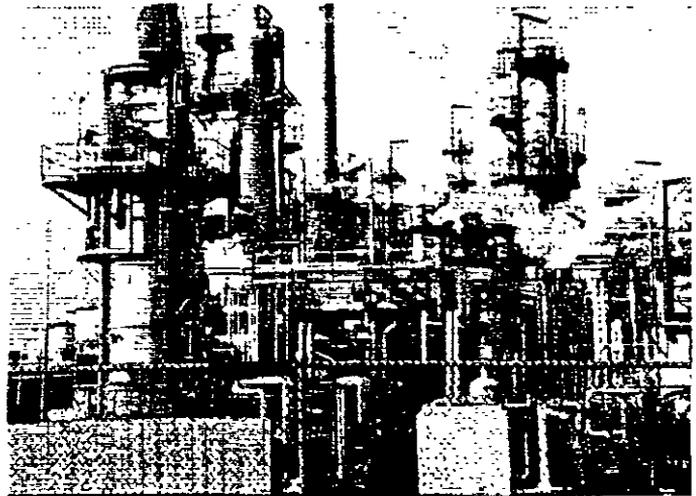
## Definición de Riesgo Ambiental

---



### *¿Cómo se define el riesgo ambiental?*

El riesgo ambiental se define como la probabilidad de que ocurran accidentes mayores que involucren a los materiales peligrosos que se manejan en las actividades altamente riesgosas, que puedan trascender los límites de sus instalaciones y afectar adversamente a la población, los bienes, al ambiente y los ecosistemas.



La evaluación de dicho riesgo comprende la determinación de los alcances de los accidentes y la intensidad de los efectos adversos en diferentes radios de afectación.

El contenido de esta sección es responsabilidad de la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas

.....  
..... Comentarios o Sugerencias sobre esta pagina



Última actualización: 15/11/00

Sistema Nacional de Información Ambiental



## Evolución del desarrollo institucional en materia de prevención de riesgos de accidentes químicos



### *¿Cómo han evolucionado las instituciones ambientales involucradas en la prevención de accidentes químicas en México?*

En el cuadro siguiente se resumen los principales sucesos relacionados con la gestión ambiental de las actividades altamente riesgosas con el objeto de prevenir accidentes químicos, desde 1983 en que se crea el primer organismo público, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (Sedue), que integra las políticas, actividades y acciones relacionadas con la protección al medio ambiente.

**Reseña histórica de la gestión ambiental de las actividades altamente riesgosas y la prevención de accidentes de alto riesgo ambiental**

Año	Suceso
1983	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Creación de la Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología (Sedue).</li> <li>● Primer Procedimiento de Impacto Ambiental de la Ley Federal de Protección al Ambiente en el que se incluye el concepto de riesgo.</li> </ul>
1984	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Explosión de gas en San Juan Ixhuatepec.</li> </ul>
1986	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Creación de la Subdirección de Riesgo de la Sedue.</li> <li>● Desarrollo del Procedimiento para Evaluar Proyectos de Instalaciones que Manejen Sustancias Peligrosas.</li> </ul>

1988	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Publicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.</li> <li>● Publicación del Reglamento en Materia de Impacto Ambiental que preve la realización de Estudios de Riesgo y la elaboración de Programas para la Prevención de Accidentes.</li> <li>● Creación del Comité de Actividades Altamente Riesgosas</li> </ul>
1989	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Creación del Comité de Análisis y Aprobación de los Programas para la Prevención de Accidentes (COAAPPA)</li> </ul>
1990	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Publicación del Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas (por manejo de sustancias tóxicas)</li> </ul>
1992	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Creación del Instituto Nacional de Ecología en la Secretaría de Desarrollo Social</li> <li>● Creación de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.</li> <li>● Introducción de las Auditorías Ambientales.</li> <li>● Explosión del drenaje en la ciudad de Guadalajara.</li> <li>● Establecimiento del Programa Nacional para la Prevención de Accidentes de Alto Riesgo Ambiental (PRONAPAARA).</li> <li>● Creación de los Comités Ciudadanos de Información y Apoyo para Casos de Prevención y Atención de Riesgos Ambientales.</li> </ul>
1992	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Publicación del Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas (por manejo de sustancias explosivas e inflamables).</li> </ul>
1994	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Creación de la Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.</li> </ul>
1996	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Publicación de la nueva Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.</li> </ul>

El contenido de esta sección es responsabilidad de la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas

 Comentarios o Sugerencias sobre esta página



---

Última actualización. 15/11/00

Sistema Nacional de Información Ambiental



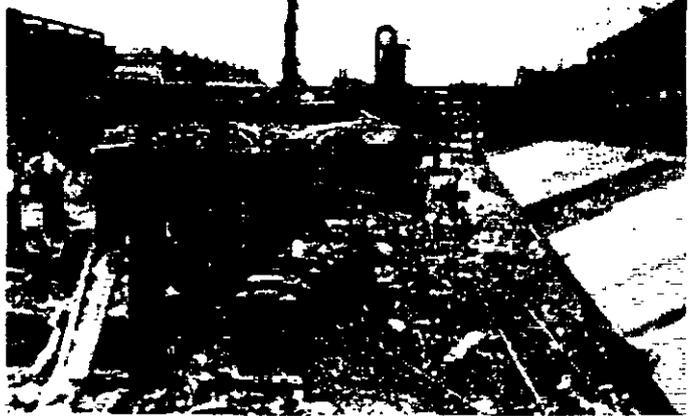
## Definición de los Accidentes de Alto Riesgo Ambiental



### ¿Cómo se definen los accidentes de alto riesgo ambiental?

En este contexto, se entiende como accidente de alto riesgo ambiental:

*Una explosión, incendio, fuga o derrame súbito que resulte de un proceso en el curso de las actividades de cualquier establecimiento, así como en ductos, en los que intervengan uno o varios materiales o sustancias peligrosos y que suponga un peligro grave (de manifestación inmediata o retardada, reversible o irreversible) para la población, los bienes, el ambiente y los ecosistemas.*



A este tipo de accidentes se les considera, también, como accidentes mayores e incluyen los tipos descritos en el cuadro siguiente.

<p><b>Descripción de los tipos de accidentes mayores</b></p>
--

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cualquier liberación de una sustancia peligrosa, en la que la cantidad total liberada sea mayor a la que se haya fijado como umbral o límite (<i>cantidad de reporte o de control</i>).</li> <li>• Cualquier fuego mayor que lugar a la elevación de radiación térmica en el lugar o límite de la planta o instalación, que exceda de 5 kw/m<sup>2</sup> por varios segundos.</li> </ul> |
|---|

- Cualquier explosión de vapor o gas que pueda ocasionar ondas de sobrepresión iguales o mayores de 1 lb/pulg<sup>2</sup>.
- Cualquier explosión de una sustancia reactiva o explosiva que pueda afectar a edificios o plantas, en la vecindad inmediata, tanto como para dañarlos o volverlos inoperantes por un tiempo.
- Cualquier liberación de sustancias tóxicas, en la que la cantidad liberada pueda ser suficiente para alcanzar una concentración igual o por arriba del *nivel que representa un peligro inmediato para la vida o la salud humana* (IDLH por sus siglas en inglés), en áreas aledañas a la fuente emisora.
- En el caso del transporte, se considera como un accidente, el que involucre la fuga o derrame de cantidades considerables de materiales o residuos peligrosos que pueden causar la afectación severa de la salud de la población y/o del ambiente.

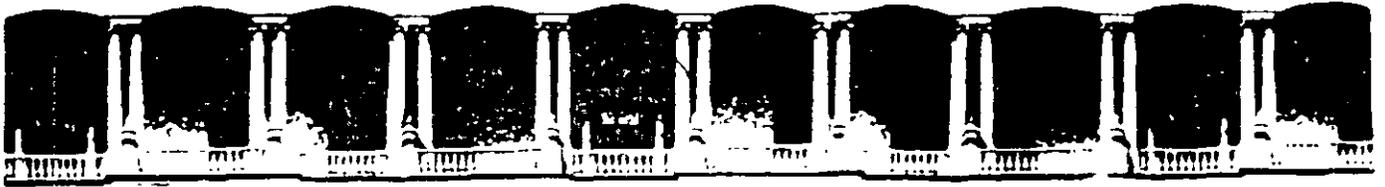
El contenido de esta sección es responsabilidad de la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas

Comentarios o Sugerencias sobre esta página



Última actualización: 15/11/00

Sistema Nacional de Información Ambiental



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001**

## **CURSOS ABIERTOS**

# **APLICACIÓN DE NORMAS Y ESPECIFICACIONES DE USO EN MEXICO PARA EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO**

**TEMA**

**ANALISIS Y DISEÑO DE CONEXIONES**

**EXPOSITOR: ING. OCTAVIO BARON LUNA  
PALACIO DE MINERIA  
JUNIO DEL 2001**

# **ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONEXIONES**

**ING. OCTAVIO BARON LUNA**

**ENERO DE 2001**

# CONEXIONES VIGA-COLUMNA EN MARCOS RIGIDOS DE EDIFICIOS

**INTRODUCCION:** Las hipótesis relativas al comportamiento de las conexiones constituyen uno de los aspectos más importantes del análisis estructural.

Las conexiones transmiten los momentos flexionantes, fuerzas cortantes y fuerzas normales entre vigas y columnas, con lo que se logra que todos los elementos de la estructura trabajen en conjunto.

El análisis de los marcos rígidos se basa en la suposición de que hay continuidad completa en las juntas entre vigas y columnas, las que transmiten los elementos mecánicos íntegros, sin desplazamientos lineales o angulares relativos entre los extremos de las barras que concurren en cada nudo; para que el comportamiento de la estructura real corresponda al supuesto, no basta con analizar y diseñar vigas y columnas con gran exactitud, sino se requiere también que las uniones entre ellas se diseñen y construyan de manera que se satisfaga esa suposición.

Hasta hace pocos años las conexiones se trataban, en general, como si no tuviesen dimensiones, como si fuesen el punto de intersección de los ejes de las barras que concurren en ellas; si se consideraban las dimensiones, se suponía que eran indeformables. La realidad es otra: las conexiones son elementos estructurales deformables de dimensiones finitas; sus deformaciones, sobre todo las producidas por las fuerzas cortantes en el tablero limitado por los bordes interiores de los patines de vigas y columnas, pueden influir de manera significativa en la respuesta bajo carga de la estructura, lo que obliga a proporcionarles una rigidez suficiente para que las deformaciones no afecten el comportamiento de la estructura, o a tenerlas en cuenta en el análisis cuando sean significativas.

El comportamiento de los marcos rígidos depende en buena medida del de sus juntas; si su rigidez es insuficiente pueden permitir rotaciones elásticas y comportarse como uniones semirígidas, lo que hace que los momentos en otras zonas de la estructura sean mayores que los determinados en el análisis (por ejemplo, aumentan los momentos positivos que producen las cargas verticales en la parte central de las vigas); si su resistencia es baja, pueden ser incapaces de resistir las sollicitaciones que obran sobre ellas, o de alcanzar y mantener, durante rotaciones importantes, los momentos necesarios para que se forme el mecanismo de colapso, lo que ocasiona una disminución de la resistencia del marco.

Como el diseño correcto de un marco rígido requiere un conocimiento completo del comportamiento de sus conexiones, en los intervalos elástico e inelástico, se han realizado muchos estudios, analíticos y experimentales, para determinarlo; la mayor parte de ellos, sobre todo los recientes se refiere a juntas soldadas, con tornillos de alta resistencia, o con una combinación de ambos.

Buena parte de los estudios se ha encaminado a conocer el comportamiento bajo carga estática, pero en los últimos años se han investigado también las conexiones cargadas cíclicamente, para obtener métodos de diseño aplicables a marcos rígidos de edificios construidos en zonas sísmicas.

Las cuatro conexiones viga-columna que se emplean mas comúnmente en marcos de edificios se muestran en la Fig. 8.1; las dos primeras corresponden al nivel superior y las otras dos a uno intermedio; en cada caso se ha dibujado una columna extrema y una intermedia.

Como es usual en estructuras reales, la columna pasa a través de la junta, y las vigas se unen a sus patines.\*

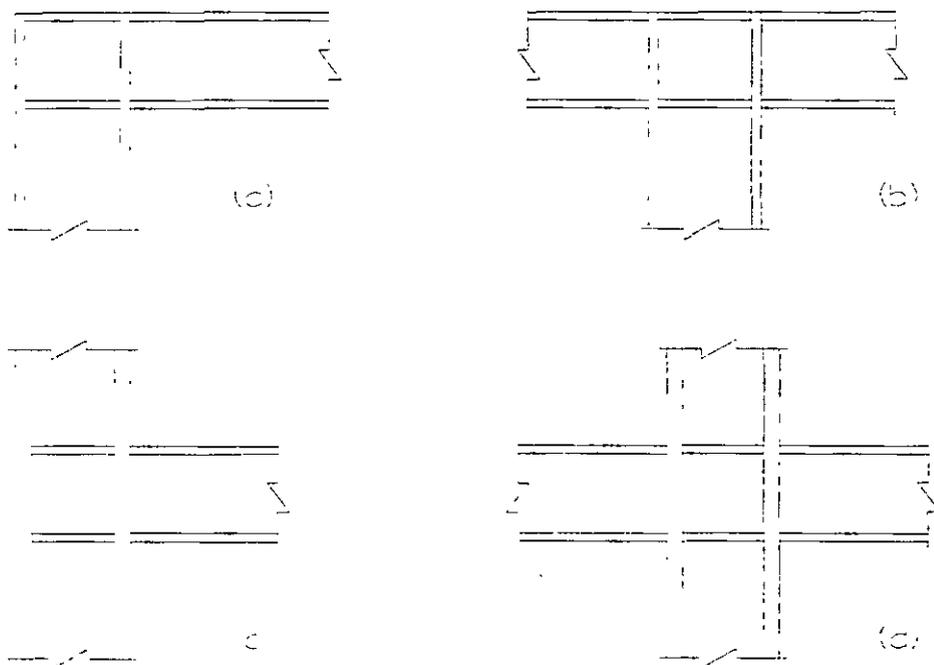


Fig 8.1 Conexiones viga-columna de marcos rígidos

\* Este no es un requisito indispensable; ya que puede haber ocasiones en que convenga que los elementos que se interrumpen en la conexión sean las columnas por facilidad de conexión. Sin embargo, es la situación más común, pues se facilita el montaje de la estructura y se obtienen conexiones más resistentes, en vista de que los perfiles usados como columnas suelen ser mayores que las vigas y su alma es, en general, más gruesa.

Casi todos los estudios realizados hasta ahora han correspondido a marcos planos, con una o dos vigas unidas a los patines de la columna; sin embargo, en estructuras reales hay casi siempre tres o cuatro vigas en cada conexión, pues en cada columna se cruzan dos marcos; las vigas llegan a uno o a los dos patines y a uno o ambos lados del alma.

Cuando la columna pasa a través de la junta, el diseño de la conexión consiste en:

- 1.- Dimensionamiento de los medios de unión entre trabes y columna, necesarios para transmitir a esta los elementos mecánicos de las secciones extremas de aquellas, utilizando soldadura, remaches\* o tornillos de alta resistencia. En juntas soldadas la unión puede ser directa o por medio de placas en los patines, ángulos o placas en el alma, o ménsulas; en juntas atornilladas siempre se utilizan placas, ángulos u otros elementos de unión (tés, por ejemplo).
- 2.- Revisión de la columna para determinar si tiene resistencia y rigidez adecuadas a fin de soportar las sollicitaciones que recibe de las vigas, al mismo tiempo que actúa sobre ella la compresión que proviene de los niveles superiores.
- 3.- Diseño, en su caso, de los refuerzos necesarios: atiesadores entre los patines de la columna, placas adosadas o paralelas al alma.

Bajo carga vertical las juntas más críticas suelen ser las laterales (fig. 8.1, a y c), porque los momentos que recibe una columna central de las dos vigas son, en general, de signos contrarios, por lo que tienden a equilibrarse; la situación cambia cuando obran sobre la estructura fuerzas horizontales ocasionadas por viento o sismo.

**CARACTERISTICAS DE LAS CONEXIONES:** Para que el comportamiento de una junta sea satisfactorio, han de satisfacerse los requisitos siguientes:

**RESISTENCIA:** Las conexiones deben ser capaces de resistir las acciones que les transmiten los miembros de la estructura que llegan a ellas. En diseño elástico, el límite de utilidad estructural debería ser la aparición del esfuerzo de fluencia en la junta o en el extremo de alguna de las vigas o columnas \*. En diseño plástico, el estado límite lo constituye la formación de una articulación plástica necesarias para que la estructura se convierta en un mecanismo.

**RIGIDEZ:** La rigidez, en el intervalo elástico, de las conexiones viga-columna, debe ser suficiente para que las posiciones relativas de todos los elementos estructurales se conserven fijas bajo cargas de trabajo.

\* Los remaches casi no se usan en estructuras modernas; no se trataran aquí, aunque su diseño s similar al de los tornillos y debe considerarse cuando se revisan edificaciones antiguas.

**CAPACIDAD DE ROTACION:** Las conexiones deben admitir rotaciones inelásticas importantes conservando la resistencia a la flexión correspondiente a la formación, en ellas, de una articulación plástica, o tener resistencia y rigidez suficientes para que se formen articulaciones plásticas en el extremo contiguo a ellas de alguno o algunos de los miembros, y que giren, bajo momento  $M_p$  constante, los ángulos necesarios para las redistribuciones de momentos que preceden la formación del mecanismo de colapso.

Esta característica es indispensable para que la estructura alcance la carga de colapso teórica, pues para ello tienen que formarse todas las articulaciones requeridas para el mecanismo sin que disminuya el momento resistente de ninguna, lo que solo sucede cuando su capacidad de rotación bajo momento  $M_p$  constante es suficiente.

Las juntas de estructuras diseñadas elásticamente no requieren, en teoría, capacidad de rotación, ya que el límite de utilidad estructural corresponde a la aparición del esfuerzo de fluencia en alguna zona crítica; sin embargo, la ductilidad es deseable como una protección contra fallas frágiles y para obtener un comportamiento aceptable bajo solicitaciones sísmicas. (Los esfuerzos evaluados con métodos elásticos aplicados a estructuras de cierta complejidad tienen poco que ver con los que realmente existen en ellas; su utilidad estriba en que permiten comparar el comportamiento previsto de la estructura que se está diseñando con el de otras ya construidas, diseñadas con los mismos métodos, que se han comportado satisfactoriamente. Las incertidumbres en el cálculo de los esfuerzos provienen de dificultades en la evaluación de las solicitaciones, sobre todo sísmicas, de la complejidad de las estructuras y su interacción con muros, contravientos verticales, sistemas de piso y rampas de escaleras, de la existencia de esfuerzos residuales y concentraciones de esfuerzos, así como de las interacciones suelo estructura que puede ocasionar, entre otros fenómenos, hundimientos diferenciales de los apoyos; por todo esto, las juntas deben diseñarse para que permitan un comportamiento dúctil de las estructuras bajo solicitaciones mayores que las calculadas, pues en caso contrario la falla puede presentarse mucho antes de que se alcance la resistencia máxima teórica. Por las razones expuestas, las juntas de los marcos diseñados elásticamente deben dimensionarse y construirse de manera que posean una capacidad de rotación suficiente).

**\* El estado de esfuerzos en las conexiones es muy complejo, pues los esfuerzos producidos por los momentos flexionantes, fuerzas normales y fuerzas cortantes que les transmiten las vigas y columnas, ya de por sí complicados y difíciles de evaluar, se superponen con los residuales que hay siempre en los perfiles de acero y con los que ocasiona la soldadura; esto hace que bajo cargas de trabajo (y, seguramente, antes de aplicar esas cargas) haya ya zonas localizadas en estado plástico. La imposibilidad de determinar los esfuerzos reales en condiciones de servicio, y el hecho de que la aparición del esfuerzo de fluencia en algún punto no constituye un estado límite de resistencia, hacen que en la práctica actual las conexiones se diseñen con métodos plásticos simplificados, aunque el diseño de la estructura en general se efectúe utilizando esfuerzos permisibles.**

**ECONOMIA:** La resistencia, rigidez y capacidad de rotación de una junta pueden incrementarse siempre aumentando la cantidad de material utilizada en ella; sin embargo, como una parte importante del costo de fabricación de los marcos rígidos corresponde a las conexiones, estas han de diseñarse de manera que tengan propiedades satisfactorias con el menor incremento posible de material y mano de obra. Además, han de proyectarse para que permitan un montaje sencillo y rápido.

**DISEÑO DE CONEXIONES CARGADAS ESTATICAMENTE:** De acuerdo a los resultados obtenidos al ensayar conexiones de dos tipos, unas con dos vigas, soldadas a los patines y a los dos lados del alma; las vigas se soldaron directamente a la columna en todos los casos, con penetración completa en los patines y filetes en las almas, pero las formulas desarrolladas partiendo de los resultados de estas investigaciones pueden utilizarse también cuando las fuerzas normales en los patines de las vigas, y las cortantes en el alma, se transmiten por medio de placas.

Con fecha posterior se han estudiado juntas en las que las vigas se unen a las columnas de otras maneras.

En los trece especímenes ensayados en la forma descrita anteriormente se utilizó el mismo perfil para las vigas, pero el tamaño de las columnas se varió, simulando conexiones de los niveles superiores, intermedios e inferiores de un marco alto. Tres especímenes se hicieron con cuatro vigas, conectadas a los patines y al alma de la columna.

Las cargas, que se aplicaron en todos los casos como se muestra en la Fig. 8.2, se incrementaron lentamente hasta la falla, para estudiar el comportamiento de juntas interiores bajo carga estática vertical, en las que los momentos en los extremos de las vigas son sensiblemente iguales y de sentidos contrarios. En todos los especímenes se aplicó una carga axial considerable en la columna, para reproducir las condiciones en que se encuentran las conexiones de edificios reales.

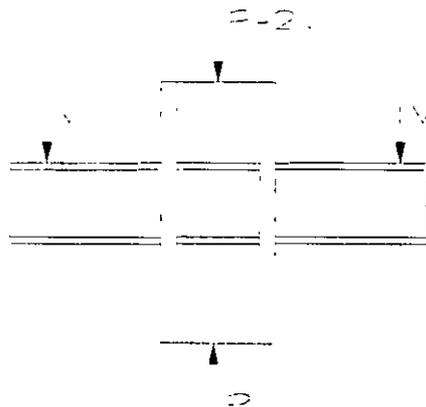


Fig 8.2 Cargas de los especímenes de la ref 8.4

Uno de los problemas principales que trató de resolverse es el de determinar si el alma de la columna requiere algún tipo de refuerzo, o si puede comportarse de manera adecuada por sí sola.

La magnitud de la compresión en la columna influyó poco en el comportamiento de las conexiones; las columnas no mostraron ningún indicio de falla bajo cargas 1.65 veces mayores que las de trabajo, ni tampoco cuando al final de cada prueba se aumentaron el doble de las de trabajo, conservando las fuerzas finales en las vigas.

Los tres especímenes de cuatro vigas se comportaron mejor que los correspondientes de dos.

Los ensayos que se han descrito se complementaron con las pruebas de la Fig. 8.3, con las que se estudió el comportamiento de las columnas en las zonas opuestas a los patines de las vigas que están en tensión y en compresión, y la efectividad de atiesadores excéntricos.\*

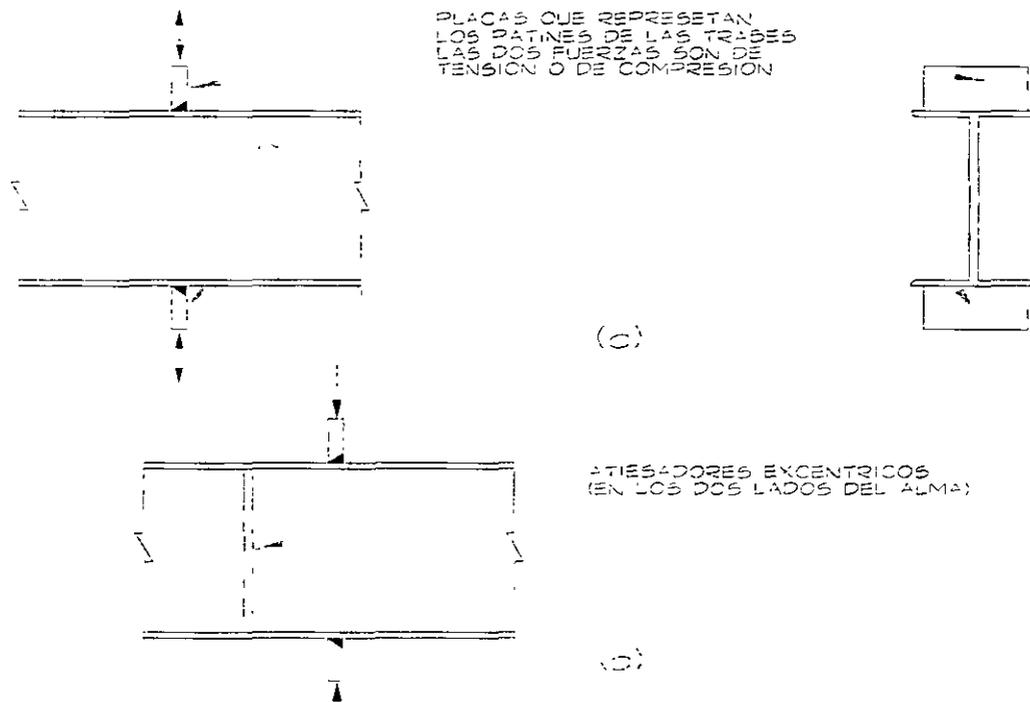


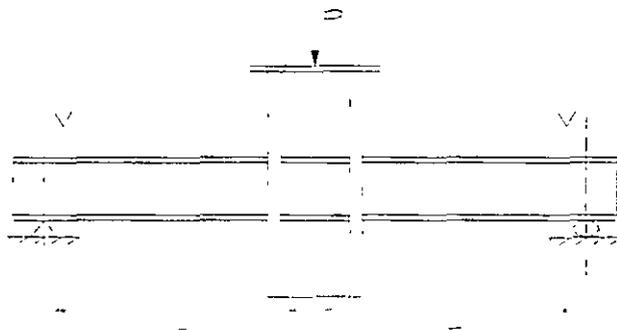
Fig 8.3 Simulación del efecto de los patines de las vigas en la columna

\* Los atiesadores de la columna que reciben cuatro vigas suelen ser los patines o las placas de conexión de las trabes que se apoyan en el alma; si el peralte de estas es diferente del de las vigas conectadas a los patines los atiesadores resultan excéntricos, y su efectividad es dudosa. Este es el problema que se trató de aclarar con las pruebas de la Fig. 8.3b.

Posteriormente se han hecho estudios adicionales para comprobar si las reglas de diseño deducidas en los ensayos anteriores, siguen siendo aplicables a conexiones con carga vertical simétrica estática cuando en los extremos de las vigas actúan, al mismo tiempo, el momento plástico y una fuerza cortante muy cercana a la que ocasiona la plastificación del alma, así como para saber si pueden utilizarse cuando el alma de la columna, en la zona de la conexión, soporta fuerzas cortantes elevadas, producidas por momentos asimétricos.

Las conexiones suelen estar sometidas a condiciones de carga muy severas, puesto que en los extremos de las vigas los momentos flexionantes son máximos y las fuerzas cortantes elevadas. El diseño ha de hacerse de manera que el comportamiento real se acerque razonablemente al supuesto, lo que implica que los extremos de las vigas desarrollen su momento plástico teórico, y lo mantengan durante rotaciones importantes, al mismo tiempo que obran en ellos las fuerzas cortantes; las columnas, a su vez, deben resistir los elementos mecánicos correspondientes junto con las compresiones que reciben de los niveles superiores.

El comportamiento de conexiones en las condiciones mencionadas se ha estudiado ensayando especímenes como el de la Fig. 8.4; las distancias  $L$  se escogieron de manera que en la unión entre cada viga y la columna se presenten, al mismo tiempo, el momento plástico de la viga y el 95 por ciento de la fuerza de plastificación del alma por cortante.



#### 8.4 Conexiones con fuerzas cortantes elevadas en las vigas

En otros ensayos se ha investigado el comportamiento de conexiones con una sola viga, unida a uno de los patines de la columna; en el alma de esta aparecen importantes fuerzas cortantes, en la zona comprendida entre los patines de la viga. Se estudia la deformación por cortante de la junta y su influencia en el comportamiento de la estructura. Estas conexiones aparecen en las columnas extremas de marcos con carga vertical (Fig. 8.1c).\*

\* Cuando las fuerzas horizontales, de viento o sismo, producen momentos importantes, en todas las conexiones hay fuerzas cortantes significativas; este problema se estudia en los artículos 8.3.2 y 8.4)

Una conexión es satisfactoria cuando puede resistir los momentos plásticos de las vigas o viga que llegan a ella, mientras obra sobre la columna la compresión producida por las cargas de la viga y de la parte del edificio que esta encima, y tiene capacidad de rotación suficiente para que se forme una segunda articulación plástica en la zona central de las vigas, sin que disminuya su resistencia. También es satisfactoria cuando su resistencia es adecuada para soportar las acciones que le transmiten las vigas cuando se forman articulaciones plásticas en sus extremos mientras giran los ángulos necesarios para que aparezca la segunda articulación, en el otro extremo o en la zona central.

El segundo comportamiento es el que suele buscarse en las estructuras reales

Para determinar si el comportamiento de una junta es satisfactorio se investigan los puntos siguientes:

- 1.- Resistencia de la región de la columna adyacente a los patines en compresión de las vigas, cuando no se colocan atiesadores horizontales. El alma de la columna puede fallar por flujo plástico excesivo, por pandeo o por aplastamiento.
- 2.- Resistencia de la región de la columna adyacente a los patines en tensión de las vigas, cuando no se colocan atiesadores horizontales. El patín de la columna puede deformarse en exceso, y el alma fallar por flujo plástico.
- 3.- Aumento de la resistencia de la junta cuando se colocan atiesadores horizontales, o placas adosadas al alma de la columna.
- 4.- Posibilidad de falla de la columna ocasionada por una combinación de esfuerzos normales y cortantes.
- 5.- Efecto de la viga o vigas ligadas al alma de la columna.
- 6.- Resistencia y rigidez de la zona del alma de la columna comprendida entre los patines de las vigas cuando hay una sola viga, cuando los momentos en las dos vigas unidas a los patines de la columna no son iguales, o cuando esos momentos tienen el mismo sentido.
- 7.- Rotación requerida en las conexiones y capacidad de giro de las mismas.

Deben investigarse también los elementos que ligan a las vigas con la columna: soldaduras, tornillos, ángulos y placas.

Del estudio de los resultados experimentales se concluye que el efecto de la carga axial que actúa en la columna puede, en general, ignorarse, y que se obtienen resultados conservadores tratando las uniones de tres o cuatro vigas como si no existiesen las que llegan al alma, pues estas proporcionan una acción benéfica mayor que lo que la debilitan los esfuerzos triaxiales introducidos en ella.

El punto 7 se ha investigado de manera analítica y experimental, y aunque la rotación requerida varía con la geometría de la estructura y las condiciones de carga, se ha calculado una rotación tipo, más grande que la necesaria en la mayoría de los casos; todas las juntas ensayadas admiten rotaciones mayores, bajo momento casi constante. Además, como ya se ha mencionado, si se le da a la junta la resistencia adecuada, las rotaciones necesarias para que se forme el mecanismo de colapso se presentan en los extremos de las vigas, y no en ella.

**CONEXIONES CON CARGA ESTÁTICA SIMÉTRICA:** En la Fig 8.5 se muestran esquemáticamente las solicitaciones existentes en una conexión interior viga-columna con carga vertical simétrica; en la columna no hay flexión, pues los momentos que le transmiten las vigas se equilibran entre sí.

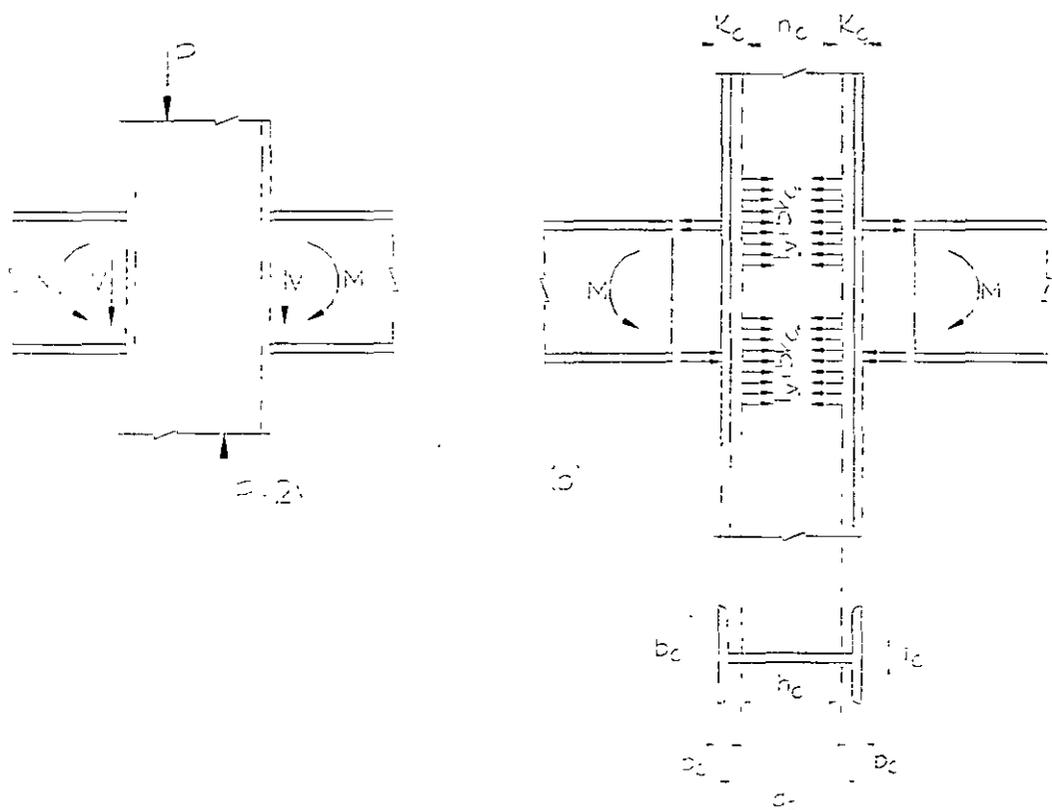


Fig 8.5 Conexión viga-columna con carga vertical simétrica.  
Acciones sobre la columna.

En la Fig. 8.5b se ha dibujado el diagrama de cuerpo libre de la columna, sustituyendo las vigas por sus efectos; no se incluyen las fuerzas cortantes, que son de importancia secundaria, y los momentos se sustituyen por fuerzas aplicadas por los patines.

En la Fig. 8.6 se muestran las deformaciones de una columna que no tiene atiesadores, exageradas para mayor claridad.

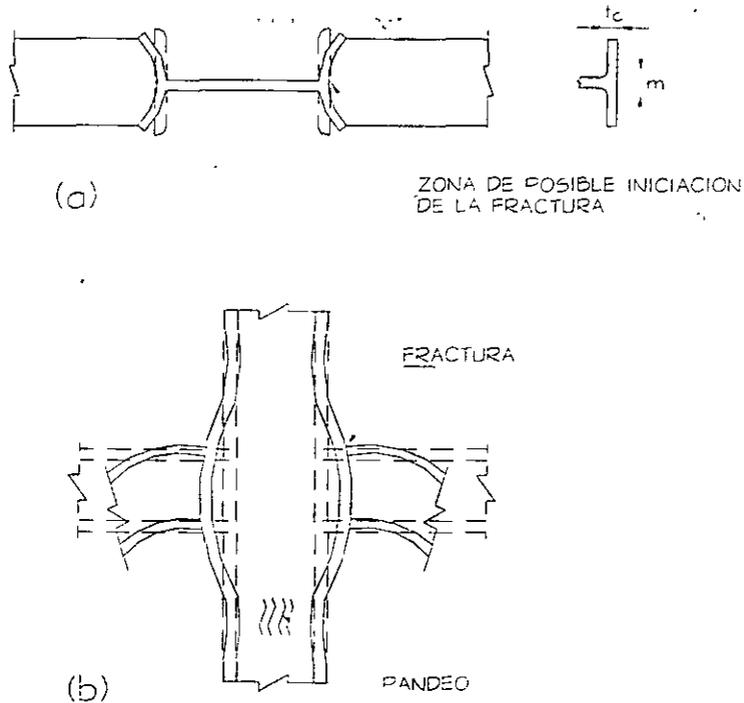


Fig 8.6 Deformaciones de una columna sin atiesadores

Debe investigarse el comportamiento del alma de la columna en las zonas frente a los dos patines de las vigas, en tensión y en compresión, y el de los patines de la columna en la zona en tensión. El alma puede ser crítica en cualquiera de las dos zonas, ya que puede fallar por flujo plástico, acompañado o seguido inmediatamente por pandeo en la zona comprimida, o por fractura en la tensión; si el alma es delgada, el pandeo de la zona comprimida puede iniciarse antes de que los esfuerzos lleguen al límite de fluencia.

En la zona en tensión pueden ser críticos los patines de la columna, que se flexionan y contribuyen a la fractura de las soldaduras que los unen con los de las vigas; por su poca rigidez, los extremos se flexionan hacia fuera, siguiendo el desplazamiento de la viga, pero la deformación de la zona central está restringida por el alma de la columna, y es probable que ahí se inicie una falla de la soldadura cuando se agote su capacidad de deformación y no pueda seguir, sin fracturarse, los desplazamientos de los extremos (Fig. 8.6b).

La zona del alma afectada por las fuerzas concentradas que recibe de los patines de las vigas se extiende al penetrar en la columna; si la ampliación de esta zona es insuficiente para reducir a  $F_{yc}$  los esfuerzos en la base de la curva de unión de patines y alma (o sea a la distancia  $k_c$  del paño exterior de la columna, Fig. 8.5b), la resistencia del alma es insuficiente. Este efecto debe revisarse frente a los dos patines de la viga, en las regiones en compresión y en tensión. Cuando la columna está formada por tres placas soldadas la fuerza de tensión puede hacer que falle la soldadura que une patines y alma; además, la distancia  $k_c$  se reduce a la suma del grueso del patín y el tamaño de la soldadura. Por todo esto, muchas veces es necesario aumentar las dimensiones de las soldaduras en la zona de la conexión.

Es difícil determinar analíticamente como se distribuyen las fuerzas que recibe la columna, por lo que se suele suponer una distribución lineal, basada en investigaciones experimentales; se obtienen buenos resultados con una pendiente de 2.5:1 desde el punto de contacto hasta la distancia  $k_c$  (Fig .8.5b). En diseño elástico se utilizaba una pendiente de 1:1, correspondiente a una distribución de esfuerzos según rectas a 45° trazadas a partir del punto de aplicación de la carga. Las dos suposiciones están basadas en resultados experimentales; la discrepancia entre ellas se debe probablemente a que los especímenes se cargan hasta el colapso para obtener resultados aplicables a diseño plástico, mientras que en diseño elástico los estudios se suspenden cuando las sollicitaciones alcanzan intensidades poco mayores que las de trabajo. Sin embargo, para hacer compatibles sus dos especificaciones, el AISC recomienda ahora la pendiente 2.5:1 también en sus normas para diseño por esfuerzos permisibles.

La suposición anterior implica que la fuerza de cada uno de los patines tiene que ser resistida, a la distancia  $k_c$  de la cara exterior de la columna, por una porción de alma de longitud  $t_v + 5k_c$ , donde  $t_v$  es el grueso del patín de la viga.

**ANALISIS DE LA ZONA COMPRIMIDA DE LA CONEXIÓN:** La viga se sustituye por una placa de dimensiones iguales a las de uno de sus patines, que aplica una fuerza de compresión en la columna (Fig 8.7)

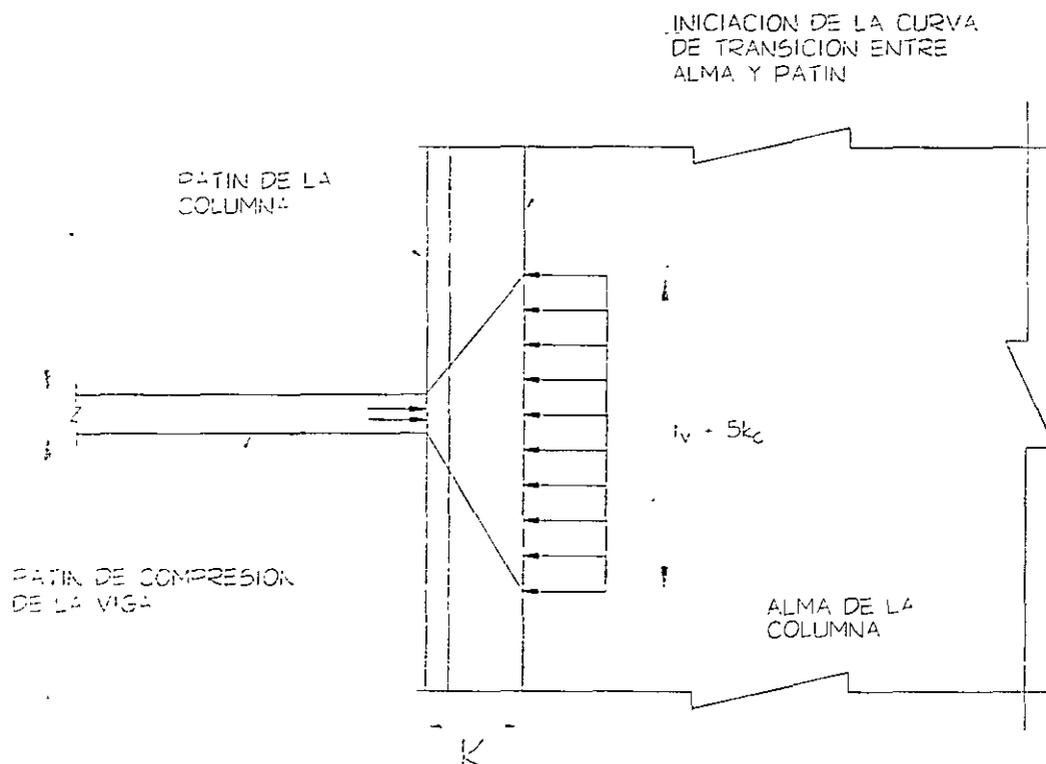


Fig 8.7 Zona comprimida de la junta

Si el alma no se pandea prematuramente se obtiene una estimación conservadora de la resistencia máxima de la región comprimida suponiendo que el esfuerzo en la terminación de la curva de unión es igual a  $F_{yc}$ , de manera que la fuerza total con que la columna puede resistir los efectos de la viga es  $F_{yc}t_c(t_v + 5k_c)$ ;  $t_c$  es el grueso del alma de la columna y  $f_{yc}$  el esfuerzo de fluencia del material utilizado en ella.

Si el momento en el extremo de la viga es el plástico resistente,  $M_p$ , la fuerza en cada patín es  $A_p F_{yv}$ , donde  $A_p$  es el área y  $F_{yv}$  el esfuerzo de fluencia del patín, de manera que el espesor mínimo necesario en el alma de la columna se obtiene de la igualdad

$$A_p F_{yv} = F_{yc} t_c (t_v + 5k_c) \quad (8.1)$$

de donde

$$t_c = \frac{A_p F_{yv}}{(t_v + 5k_c) F_{yc}} = \frac{C_1 A_p}{t_v + 5k_c} \quad (8.2)$$

$C_1$  es el cociente  $F_{yv}/F_{yc}$ ; se reduce a la unidad si, como es frecuente, se utiliza el mismo acero en las vigas y en la columna.

Si  $t_c \geq C_1 A_p / (t_v + 5k_c)$  y el alma no falla por inestabilidad, su resistencia es suficiente; en caso contrario, cuando el grueso es menor que el obtenido con la ec 8.2, debe reforzarse con atiesadores o con placas adosadas o paralelas a ella.

En los extremos de las vigas de los marcos rígidos suele haber, al mismo tiempo, momentos y fuerzas cortantes elevados. Cuando la fuerza cortante se acerca a la que ocasiona la plastificación del alma se anula su capacidad para resistir momento, el que debe ser soportado por completo, y transmitido a la columna, por los patines. En esas condiciones la fuerza máxima en cada patín es aproximadamente igual a  $M_{pv}/d_v$ , donde  $M_{pv}$  es el momento plástico resistente de la viga y  $d_v$  su peralte total; esta fuerza es mayor que la utilizada en las ecs 8.1 y 8.2,  $A_p F_{yv}$ . (Se ha demostrado experimentalmente que los patines de las vigas pueden desarrollar por sí solos el momento plástico completo de la sección, gracias al endurecimiento por deformación). La ec (8.2 no debe utilizarse cuando la fuerza cortante en la viga excede del 60 por ciento de la de plastificación del alma; si es mayor que ese límite, el grueso  $t_c$  se calcula con la fuerza incrementada  $M_{pv}/d_v$ . Se obtiene así

$$\frac{M_{pv}}{d_v} = F_{yc} t_c (t_v + 5k_c) \quad (8.3)$$

$$t_c = \frac{M_{pv}}{F_{yc} (t_v + 5k_c) d_v} \quad (8.4)$$

Las ecs 8.1 a 8.4 son validas cuando la relación peralte/grueso del alma de la columna es suficientemente pequeña para evitar inestabilidad antes de que el material fluya plásticamente; para ello debe satisfacerse la condición:

$$\frac{h_c}{t_c} \leq \frac{1510}{\sqrt{F_{yc}}} \quad (8.5)$$

$h_c$  es el peralte libre del alma, medido entre los bordes de las curvas de unión con los patines cuando el perfil es laminado, o entre los extremos de las soldaduras cuando esta hecho con tres placas soldadas.

La ec 8.5 se obtiene considerando el alma como una placa larga comprimida, libremente apoyada; comparándola con resultados experimentales se encuentra que es, en general, conservadora.

La carga critica de una placa rectangular de relación de aspecto  $a/h_c$  grande, con apoyos libres, se calcula con la expresión

$$P_{cr} = \frac{4\pi^2}{12(1-\mu^2)} \frac{t_c^3}{h_c} = \frac{2\,346\,400\,t_c^3}{h_c} \quad (8.6)$$

$t_c$  y  $h_c$  deben estar en cm, con lo que  $P_{cr}$  se obtiene en kg.

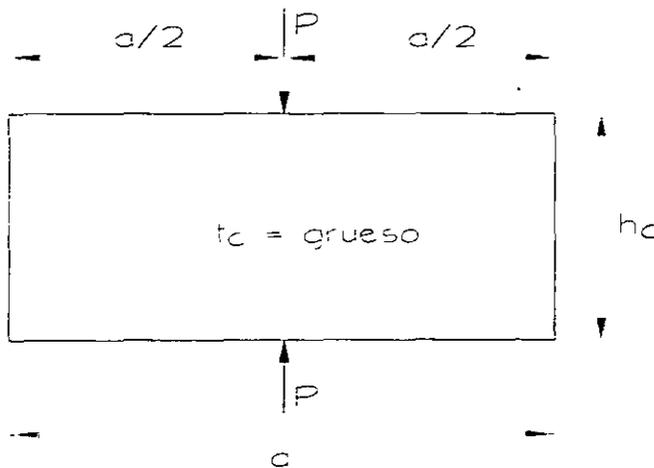


Fig 8.8 Placa rectangular con cargas concentradas en los puntos medios de los bordes largos

En columnas de acero A36 puede considerarse que los patines no proporcionan ninguna restricción angular en los bordes del alma, a causa del flujo plástico que se presenta en la unión entre ambos; en cambio, si el acero es de alta resistencia no hay flujo plástico antes de que la carga alcance el valor crítico, y los patines proporcionan más restricción al alma, que puede considerarse empotrada en ellos. (En pruebas de laboratorio con acero con limite de fluencia de  $7000 \text{ kg/cm}^2$  se encontró que la resistencia al pandeo del alma era, de acuerdo con la teoría, del orden del doble de la obtenida con la ec 8.6).

Como un resultado de los estudios que han llevado a las observaciones anteriores se ha propuesto que el incremento de rigidez angular en los bordes del alma se tenga en cuenta, para fines de diseño, aumentando la resistencia proporcionalmente a la raíz cuadrada del cociente del esfuerzo de fluencia del acero de la columna y el del acero A36. Así,

$$P_{cr} = \frac{2346400 t_c^3}{h_c} \sqrt{\frac{F_{yc}}{2530}} = \frac{46650 t_c^3 \sqrt{F_{cy}}}{h_c} \quad (8.7)$$

Haciendo  $P_{cr}$  igual a  $A_{pv}F_{yv}$ , suponiendo que  $F_{yv} = F_{yc}$ , y despejando  $h_c/t_c$  se obtiene el valor máximo de este cociente para el que la columna puede resistir la compresión correspondiente a la plastificación de los patines de las vigas, sin que el alma se pandee en forma prematura:

$$\frac{h_c}{t_c} = \frac{46650 t_c^2}{A_{pv} \sqrt{F_y}} = \frac{46650}{(A_{pv}/t_c^2)} \frac{1}{\sqrt{F_y}} \quad (8.8)$$

Tomando  $A_{pv}/t_c^2 = 30.9$  se llega a la ec 8.5, que es conservadora cuando se aplica a los especímenes de los que se dedujo; debe tenerse en cuenta, sin embargo, que puede proporcionar resultados inseguros al utilizarla para diseñar conexiones entre vigas y columnas con otras características geométricas o hechas con aceros de límite de fluencia diferente.

El coeficiente semirracional de la ec 8.7, 46650, se ha disminuido a 34400, valor que representa un límite inferior de todos los resultados experimentales obtenidos hasta ahora; se llega así a la ec 8.9, que proporciona la carga concentrada máxima que resiste la columna sin que el alma se pandee.

$$P_{cr} = \frac{34400 t_c^3 \sqrt{F_{yc}}}{h_c} \quad (8.9)$$

Con  $t_c$  y  $h_c$  en cm y  $F_{yc}$  en  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ,  $P_{cr}$  se obtiene en kg.

Si el grueso  $t_c$  del alma de la columna es igual o mayor que el obtenido con la ec 8.2 o con la 8.4 y se satisface, además, la ec 8.5 (o, aunque no se cumpla ésta, la fuerza que aplica el patín de la viga es menor que la calculada con la ec 8.9), no se necesita reforzar el alma en la zona comprimida de la conexión. Si no se cumple alguna de las condiciones anteriores, deben colocarse placas de refuerzo que resistan la parte de la fuerza que está en exceso de la que puede soportar el alma; cuando es así, las ecs 8.1 y 8.3 se modifican para incluir en ellas la resistencia de esas placas.

Cuando se emplean atiesadores horizontales alineados con los patines comprimidos de las vigas, la ec 8.1 se transforma en

$$A_p F_{yv} = F_{yc} t_c (t_v + 5k_c) + F_{yat} A_{at}$$

$F_{yv}$ ,  $F_{yc}$  y  $F_{yat}$  son los esfuerzos de fluencia de los aceros utilizados en viga, columna y atiesadores, y  $A_{at}$  es el área de la sección transversal de estos últimos. El segundo miembro, que representa la resistencia de la columna reforzada, incluye la contribución de los atiesadores, que es la fuerza que ocasionaría su plastificación.

De la ecuación anterior,

$$A_{at} = \frac{A_p F_{yv}}{F_{yat}} - \frac{t_c F_{yc}}{F_{yat}} (t_v + 5k_c) = C_1 A_p - t_c (t_v + 5k_c) C_2 \quad (8.10)$$

$C_1$  tiene el mismo significado que en la ec 8.1, y  $C_2$  es el esfuerzo de fluencia del acero de la columna dividido entre el del atiesador,  $F_{yc}/F_{yat}$ .

El efecto de los atiesadores horizontales se tiene en cuenta de la misma manera cuando la fuerza cortante en el alma de la viga es elevada y se emplea la ec 8.3 en vez de la 8.1.

Para evitar pandeo local, la relación ancho/grueso de los atiesadores no debe exceder de  $800/\sqrt{F_{yat}}$  (15.9, si son de acero A36). Si se satisface la ec 8.2 o la 8.4, pero no la 8.9, los atiesadores se requieren solo para evitar el pandeo del alma de la columna, por lo que basta con que el ancho de cada uno de ellos sea cercano a la mitad del ancho del patín de la columna y que su relación ancho/grueso no sobrepase el límite que se acaba de mencionar.

En otros ensayos reportados, se encontró que las placas de refuerzo verticales paralelas al alma de la columna, colocadas en los extremos de sus patines, están sometidas a esfuerzos del orden de la mitad de los que aparecen en el alma; llevando esa condición a la ec 8.1 se obtiene

$$A_p F_{yv} = F_{yc} t_c (t_v + 5k_c) + \frac{F_{ypv}}{2} 2t_{pv} (t_v + 5k_c)$$

de manera que

$$t_{pv} = \frac{F_{yv}}{F_{ypv}} \frac{A_p}{t_v + 5k_c} - \frac{F_{yc}}{F_{ypv}} t_c = \left( \frac{C_1 A_p}{t_v + 5k_c} - t_c \right) C_2 \quad (8.11)$$

$t_{pv}$  es el grueso de cada una de las placas verticales (se colocan en pares, en los extremos de los dos patines), y  $C_2$  es ahora igual a  $F_{yc}/F_{ypv}$ .

La resistencia de las placas verticales se ha determinado con la expresión usada para el alma, a pesar de que entre ellas y los patines no hay curva de unión; sin embargo, el

procedimiento se justifica al emplear el esfuerzo  $F_{ypv}/2$ , medido experimentalmente en juntas reales.

Para que las placas no se pandeen localmente,  $h_{pv}/t_{pv}$  debe ser menor o igual que  $2100/\sqrt{F_{ypv}}$  (41.8 si el acero es A36);  $h_{pv}$  es la dimensión horizontal de la placa, entre los patines de la columna. (El límite anterior es conservador, puesto que el esfuerzo máximo no excede de alrededor de  $F_{ypv}/2$ ).

Si los patines de la columna son más anchos que los de las vigas disminuye la efectividad de las placas verticales colocadas en sus extremos, y si el grueso del alma es mucho menor que el dado por la ec 8.2 no es recomendable confiar en ellas. Su eficiencia mejora acercándolas al alma, y llega al cien por ciento cuando se colocan adosadas a ella.

Los atiesadores horizontales deben colocarse en pares situados simétricamente con respecto al alma de la columna, soldados a ella y a los patines con filete o con soldaduras de penetración. Las soldaduras entre atiesadores y patines pueden suprimirse si se ajustan perfectamente, de manera que la compresión se transmita por contacto directo. Las placas verticales se colocan también en pares simétricos, de longitud suficiente para que la fuerza que reciben del patín de la viga se distribuya en ellas de la misma manera en que se supone que lo hace en el alma.

Se han realizado pruebas de laboratorio muy limitadas con atiesadores horizontales excéntricos, que no permiten llegar a conclusiones definitivas respecto a su eficiencia; sin embargo, si puede afirmarse que se obtiene un diseño conservador despreciándolos cuando la excentricidad excede de 5 cm, y suponiendo que su efectividad es del 50 por ciento cuando las excentricidades son menores.

**ANÁLISIS DE LA ZONA SOMETIDA A TENSION:** El patín de la columna puede considerarse formado por dos placas empotradas en tres bordes y libres en el otro, en las que actúa la fuerza que transmite el patín en tensión de la viga; los bordes que se suponen empotrados son el vertical correspondiente a la unión con el alma y los dos horizontales, que se consideran empotrados a distancias  $p/2$  del patín de la viga (Fig. 8.9).

La carga se reparte de manera más o menos uniforme hasta que las placas alcanzan su resistencia última; en ese instante sus bordes exteriores se curvan hacia fuera (Fig. 8.6), lo que ocasiona deformaciones grandes en la porción central de la soldadura, en el patín de la columna adyacente a ella y en la unión de alma y patín; la falla se presenta eventualmente por agrietamiento de alguna de esas regiones, cuando se agota su capacidad de fluir plásticamente.

El modelo que se acaba de describir, basado en los resultados de las experiencias de laboratorio reportadas en una investigación indica que una parte de la fuerza de tensión llega al alma de la columna, a la distancia  $k_c$  de su paño exterior, repartida en una zona de

longitud del orden de  $p + 5k_c$ , y el resto se transmite a los atines arriba y abajo del tramo de largo  $p$ , y llega al alma fuera de la zona mencionada (Fig 8.9)

La resistencia total del patín de la columna se obtiene sumando las resistencias de las dos placas descritas arriba más la de la zona central de ancho  $m$  (Fig 8.9)

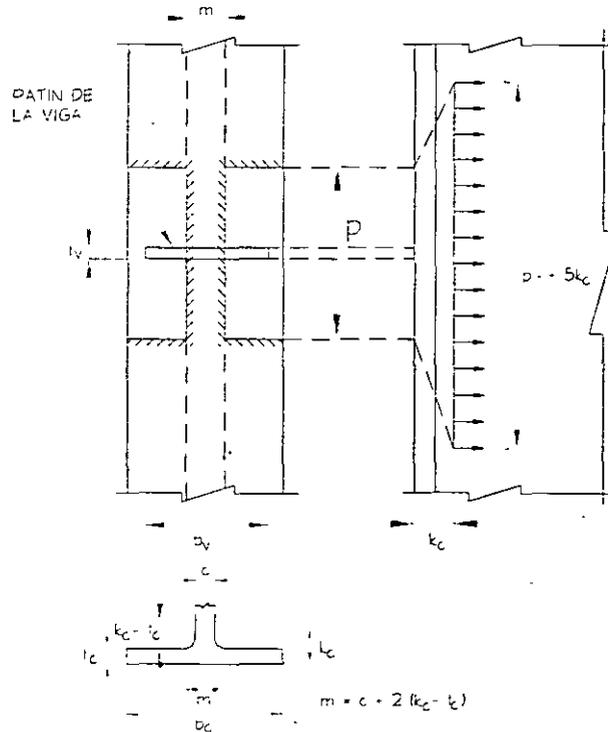


Fig 8.9 Modelo del patín de la columna en la zona de tensión

En la Fig 8.10 se representa, de manera esquemática, una de las placas; la longitud  $p$  es aproximadamente igual a  $14 t_c$ , y se considera que la placa está empotrada en los extremos de esa longitud y en el extremo de la curva de unión con el alma. Actúa sobre ella una carga de línea, correspondiente a la tensión en el patín de la trabe. La resistencia última de la placa, determinada por medio de la teoría de las líneas de flujo, es:

$$P_u = C_1 F_{yc} t_c^2 \quad (8.12)$$

Donde

$$C_1 = (4/\beta + \beta/\eta) / 2 - \eta/\lambda, \quad \eta = \beta(\sqrt{\beta^2 + 8\lambda} - \beta)/4, \quad \beta = p/q, \quad \lambda = h/q \quad (Fig 8.10)$$

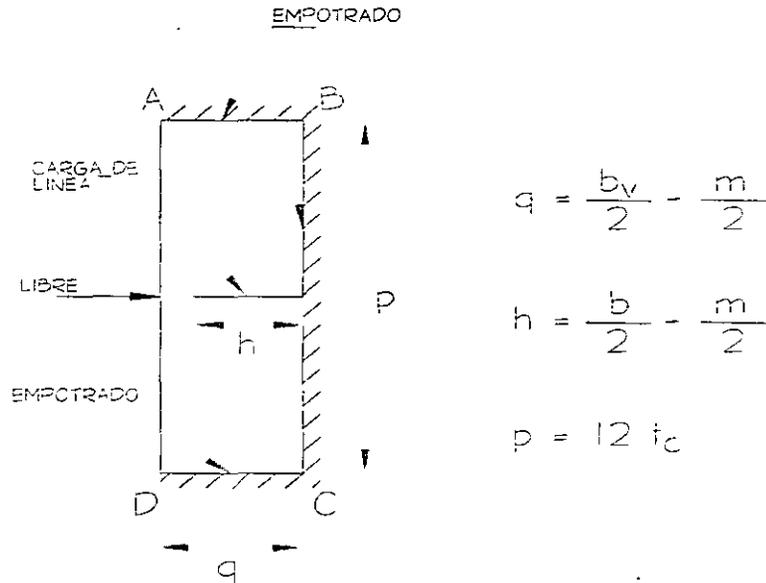


Fig 8.10 Representación esquemática de una placa del patín de la columna y de la fuerza que actúa sobre ella

Con los perfiles H laminados que se emplean usualmente en columnas, y suponiendo vigas de los tamaños que se utilizan en estructuras reales, se obtienen valores del coeficiente  $C_1$  que varían entre 3.5 y 10, de manera que  $3.5 F_{yc}t_c^2$  es una estimación conservadora de la capacidad de carga última de cada una de las placas. (Suponiendo que la columna es una W14" x 426 lb/pie, que es de los perfiles H más robustos tabulados en los manuales de diseño y que el patín de la viga es de 30.5 x 1.9 cm (12" x 3/4"), se obtiene  $C_1 = 8.99$ , valor bastante mayor que los mencionados; en cambio, si la columna es una W14 x 82 lb/pie, de alma y patines mucho más delgados, y se conservan las dimensiones del patín de la viga,  $C_1$  es igual a 3.45).

Se considera que la parte central de ancho  $m$  (Fig 8.9) puede desarrollar el esfuerzo de fluencia  $\sigma_{yv}$ , de manera que resiste una fuerza igual al producto de su área por  $\sigma_{yv}^*$ . Por consiguiente, la resistencia total del patín de la columna es

$$Q_T = F_{yv}t_v m + 2 (3.5 F_{yc}t_c^2) \quad (8.13)$$

Cuando el momento en el extremo de la viga es  $M_p$ , el patín en tensión aplica una fuerza  $A_p F_{yv}$  a la columna; si su resistencia se reduce en 20 por ciento, para obtener en la zona de tensión una fórmula que será aproximadamente igual de conservadora que la deducida para la región comprimida, con lo que se llega a

$$A_p F_{yv} = b_v t_v F_{yv} = 0.8(F_{yv}t_v m + 7F_{yc}t_c^2) \quad (8.14)$$

\* En realidad el esfuerzo de fluencia que se desarrolla en esa zona es el menor de los correspondientes a los patines de viga y columna,  $F_{yv}$  y  $F_{yc}$

- 5.- Reducción de la placa de conexión entre su unión con los patines de la viga y los de la columna, a cierta distancia de ambas uniones (Fig 8.15e).

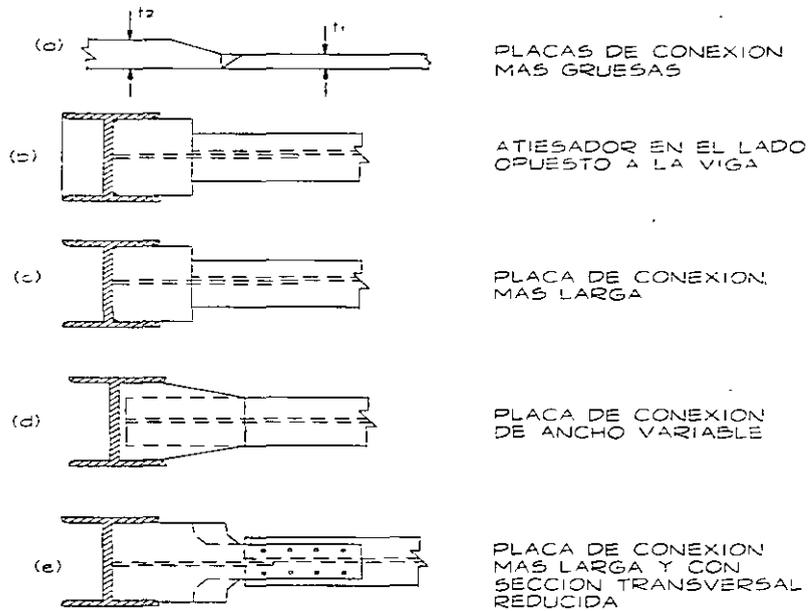


Fig 8.15 Medidas para mejorar el comportamiento de juntas con Vigas unidas al alma de la columna

### **CONEXIONES VIGA-COLUMNA CARGADAS ESTATICAMENTE.**

**RESUMEN DE RESULTADOS:** Los resultados que se resumen aquí corresponden a juntas en las que la columna recibe vigas en uno o en los dos patines y en una o en las dos caras del alma.

**COLUMNAS NO ATIESADAS:** No se necesitan atiesadores frente a los patines comprimidos de las vigas si

$$t_c \geq \frac{C_1 A_p}{t_v + 5k_c} \quad (8.2)$$

y, simultáneamente,

$$t_c \geq \frac{h_c \sqrt{F_{yc}}}{1510} \quad (8.5)$$

o la fuerza aplicada por el patín de la viga no excede de

$$P_{crc} = \frac{34400 t_c \sqrt[3]{F_{yc}}}{h_c} \quad (8.9)$$

Cuando la fuerza cortante en la viga es mayor que el 60 por ciento de la que ocasionaría la plastificación del alma, la ec 8.2 se sustituye por

$$t_c \geq \frac{M_{pvc}}{F_{yc}(t_v + 5k_c)d_v} \quad (8.4)$$

No se necesitan atiesadores frente a los patines en tensión si se satisface la ec 8.2 (o la 8.4), y, además,

$$t_c \geq 0.4\sqrt{C_1A_p} \quad (8.16)$$

**ATIESADORES:** Cuando no se satisface alguna de las condiciones anteriores deben colocarse atiesadores horizontales frente a los patines de la viga en la zona o zonas donde no se cumplen. Los atiesadores se dimensionan para soportar la parte de la fuerza aplicada por los patines de la viga que no puede ser resistida por la columna. Su área se calcula con la ec 8.10:

$$A_{at} = (C_1A_p - t_c(t_v + 5k_c)C_2) \quad (8.10)$$

En lugar de utilizar atiesadores horizontales, el alma puede reforzarse con una o dos placas adosadas o paralelas a ella. Las placas adosadas al alma son 100 por ciento efectivas; las paralelas, colocadas en los extremos de los patines, se dimensionan con la ec 8.11).

Tanto en los atiesadores horizontales como en las placas adosadas al alma o paralelas a ella debe evitarse una falla prematura por pandeo local; para ello, han de cumplirse las condiciones siguientes:

Atiesadores horizontales.  $b/t \leq 800/\sqrt{F_{yat}}$

Placas adosadas o paralelas al alma.  $h_{pvc}/t_{pv} \leq 2100\sqrt{F_{ypv}}$

**REFUERZOS DEL ALMA POR CORTANTE:** Cuando los momentos que recibe la columna no se equilibran entre si y producen una fuerza cortante mayor que la que ocasionaría la plastificación del alma, esta se refuerza con placas adosadas a ella. (También puede reforzarse con atiesadores en diagonal, pero su empleo en edificios urbanos es limitado, porque dificultan la conexión de las vigas que llegan al alma de la columna).

El grueso mínimo del alma para el que no se requiere refuerzo por cortante se determina con alguna de las ecuaciones siguientes:

$$t_c = \frac{1}{0.55 F_{yc} d_c} \left[ \frac{\sum M}{0.95 d_v} - V_{cs} \right] \quad (8.17)$$

$$t_c = \frac{1}{0.55 F_{yc} d_c} \left[ \frac{\sum M}{0.95 d_v} - V_{cs} \right] \frac{1}{\sqrt{1 - (P/P_y)^2}} \quad (8.22)$$

Se utiliza la segunda ecuación cuando la fuerza normal en la columna es elevada ( $P/P_y > 0.5$ ).

Además, debe satisfacerse la condición

$$h_c/t_c \leq 3580/\sqrt{F_y}$$

**DISEÑO DE CONEXIONES CARGADAS DINAMICAMENTE:** El análisis sísmico de las estructuras se realiza en la actualidad, en la gran mayoría de los casos, con métodos elásticos; sin embargo, en el diseño de las conexiones ha de seguirse un enfoque inelástico modificado, puesto que los miembros que componen la estructura realizarán, durante temblores intensos, excursiones fuera del dominio elástico; esto es una consecuencia de la filosofía actual, que permite hacer el diseño sísmico con fuerzas mucho menores que las que corresponderían a una respuesta elástica ilimitada. Durante temblores de gran intensidad se consideran tolerables deformaciones permanentes en zonas localizadas, ocasionadas por comportamiento inelástico, por medio de las cuales se absorbe y disipa parte de la energía recibida del terreno, se amortiguan los movimientos y la estructura sobrevive.

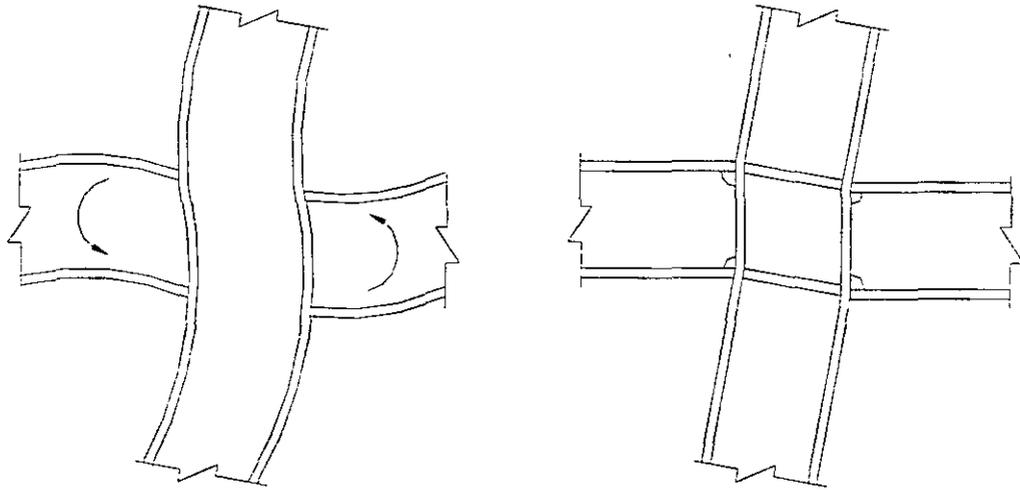
El comportamiento descrito impone requisitos de ductilidad en todos los elementos de la estructura en que haya deformaciones inelásticas severas.

Por las razones anteriores, los miembros y las conexiones deben diseñarse, detallarse y construirse de manera que puedan admitir deformaciones inelásticas importantes sin fallar y sin provocar fenómenos de inestabilidad de conjunto. Los marcos que satisfacen estos requisitos son los llamados marcos dúctiles; se emplean en construcciones en zonas de alta sismicidad.

Se cuenta con varios enfoques. En uno de ellos las juntas se diseñan de manera que tengan la rigidez y resistencia necesarias para que las articulaciones plásticas se formen en los extremos de las vigas, junto a las columnas; en otro, que puede ser apropiado para edificios bajos, de uno o dos niveles, se busca que las deformaciones plásticas ocurran, esencialmente, dentro de la conexión; en el tercero se intenta repartir las acciones inelásticas entre las vigas y las juntas, con objeto de disminuir la demanda de ductilidad en las primeras.

**UNIONES ENTRE LOS PATINES DE LAS VIGAS Y LAS COLUMNAS:** Los estudios realizados en laboratorio para determinar el comportamiento de juntas bajo cargas cíclicas que las llevan un número elevado de veces al intervalo plástico, tratando de reproducir las sollicitaciones a que quedan sometidas las juntas de marcos rígidos durante temblores de tierra intensos, han demostrado que los requisitos relativos al refuerzo de la

columna en las zonas frente a los patines de las vigas, en tensión o compresión, deducidos para juntas rígidas bajo carga estática, siguen siendo básicamente válidos cuando las cargas son cíclicas, producen deformaciones inelásticas y hacen que cada uno de los patines trabaje, alternadamente, en tensión y compresión. En la Fig 8.16a se muestran las deformaciones producidas por las fuerzas en los patines y corresponde a la Fig 8.6



(a) DEFORMACIONES POR FLEXION

(b) DEFORMACIONES POR CORTANTE

Fig 8.16 Deformación de juntas con momentos asimétricos en las vigas

**EFFECTOS DE LA FUERZA CORTANTE EN LAS CONEXIONES:** Como se vio anteriormente, cuando los momentos que las vigas aplican a las columnas no se equilibran entre sí, aparecen en la junta fuerzas cortantes, que pueden jugar un papel muy importante en su comportamiento.

Como ya se ha estudiado el problema para sollicitaciones producidas por cargas verticales o por la combinación de estas y viento; aquí se tratan las conexiones bajo excitaciones sísmicas severas: es en este caso cuando el diseño por cortante de las juntas viga-columna adquiere particular importancia.

La Fig 8.16b muestra como se deforma la junta cuando el alma fluye plásticamente y en la Fig 8.17 se indican las fuerzas que actúan en la columna y en la junta. Esta figura es semejante a las Figs 8.11 y 8.12.

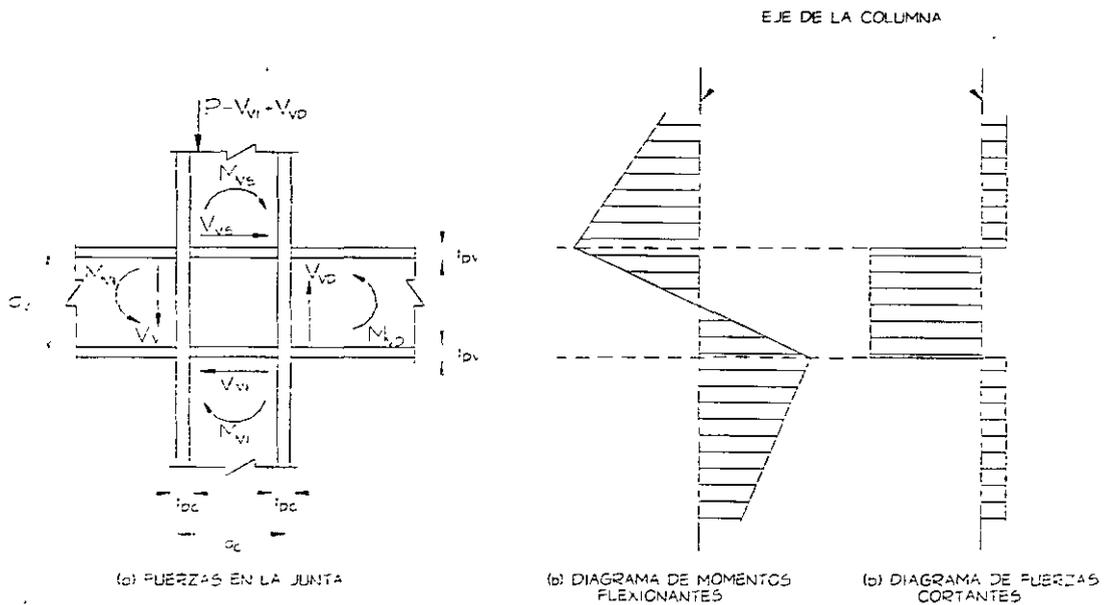


Fig 8.17 Fuerzas en las columnas y en la junta

La fuerza cortante máxima que puede transmitirse a través de la junta es:

$$\text{NTC - RDF 87} - V_r = F_R V_N = 0.9 \times 0.66 F_y d_c t_c, \text{ para } h/t \leq 1400 \sqrt{k/F_y} = 3130/\sqrt{F_y} \quad (8.23)$$

$$\text{AISC - LRDF 86 (ref 5.8.2)} - V_r = F_R V_N = 0.9 \times 0.6 F_y d_c t_c, \text{ para } h/t \leq 1568 \sqrt{k/F_y} = 3510/\sqrt{F_y} \quad (8.24)$$

Los valores finales de la relación  $h/t$  corresponden a almas sin atiesadores, en las que  $K = 5.0$ .

La diferencia entre las expresiones 8.23 y 8.24 se debe a que en las Normas Técnicas se tiene en cuenta el incremento de la resistencia ocasionando por el endurecimiento por deformación.

$V_R$  tiene que ser igual o mayor que la fuerza cortante de diseño en la junta, que vale

$$V = \frac{\sum M}{0.95d_v} - V_{cs} \quad (8.25)$$

o, si las dos vigas tienen peraltes diferentes,

$$V = \frac{M_{vl}}{0.95d_{vl}} + \frac{M_{vd}}{0.95d_{vd}} - V_{cs} \quad (8.26)$$

De esta expresión se despeja  $t_c^2$ :

$$t_c^2 = \frac{b_v t_v}{7} \left(1.25 - \frac{m}{b_v}\right) C_1 \quad (8.15)$$

$t_c$  es el grueso que ha de tener el patín de la columna para que falle, en teoría, cuando el momento en la sección extrema de la viga es  $M_p$ .  $C_1 = F_y / F_{yc}$ ; se reduce a la unidad cuando viga y columna están hechas con el mismo acero.

Si las columnas y vigas son de las tabuladas en el manual IMCA, el cociente  $m/b_v$  oscila entre 0.15 y 0.20, haciendo conservadoramente,  $m/b_v = 0.15$ , la ec 8.15 se reduce a

$$t_v = 0.4 \sqrt{C_1 A_p} \quad (8.16)$$

En los casos mencionados arriba, en los que se consideraron columnas W14 x 426 y W14 x 82 y una viga con patín de 30.5 cm de ancho, el cociente  $m/b_v$  vale, respectivamente, 0.25 y 0.17; en el primer caso la ec 8.16 es un poco más conservadora de lo que se había supuesto, y en el segundo se encuentra entre los límites considerados al deducirla.

Cuando  $t_c \geq 0.4 \sqrt{C_1 A_p}$  no se necesitan atiesadores en la zona de tensión de la conexión para evitar la falla por deformación excesiva del patín de la columna; si  $t_c < 0.4 \sqrt{C_1 A_p}$  deben colocarse atiesadores o placas paralelas o adosadas al alma, con lo que se obtienen configuraciones de equilibrio iguales a las de la región comprimida; en uno y otro caso debe revisarse la posible plastificación del alma de la columna en la zona adyacente a los patines de las vigas, para lo que se emplean las mismas ecuaciones que en la zona en compresión.

En vista de las simplificaciones que se han hecho para obtenerla, la ec 8.16 no es válida en general cuando la columna está formada por tres placas soldadas; en ese caso debe calcularse la constante  $C_1$  para cada problema particular y llevar su valor a la ec 8.13, en lugar del 3.5 que aparece en ella.

Cuando la fuerza cortante en la viga se acerca a la que ocasionaría la plastificación del alma, teóricamente debe sustituirse  $A_p F_{yv}$  por  $M_p/d_v$  en la ec 8.14. Sin embargo, las hipótesis introducidas en la obtención de la ec. 8.16 hacen que sea conservadora en general, aun con fuerzas cortantes elevadas.

Como ya se ha mencionado, también en la zona en tensión debe revisarse la condición 8.2, y colocarse los atiesadores necesarios cuando no se cumpla.

**CONEXIONES CON CARGA ESTÁTICA ASIMÉTRICA:** Hasta ahora se han estudiado conexiones con dos vigas que aplican momentos iguales y de sentidos contrarios; no hay flexión en las columnas y la fuerza cortante en la junta es nula. Esta condición, que corresponde a columnas interiores de marcos rígidos con vigas de claros iguales y cargas verticales también iguales, no se cumple cuando claros o cargas son diferentes, cuando la columna es extrema o cuando sobre la estructura actúan fuerzas horizontales, de sismo o viento, además de las cargas verticales. (las acciones producidas por el viento pueden tratarse como si fuesen estáticas; más adelante se estudian los efectos de las solicitaciones sísmicas)

En la Fig 8.11a se muestran las vigas y columnas que concurren en una junta central de un marco bajo cargas verticales y horizontales y los momentos en sus extremos. En la Fig 8.11b se ha dibujado la conexión y las fuerzas horizontales en los patines de las vigas, que ocasionan cortantes en el alma de la columna; se ha supuesto que las fuerzas en los patines se obtienen con precisión suficiente dividiendo el momento en la sección extrema entre el 95 por ciento del peralte total, que es, aproximadamente, la distancia entre los centroides de los patines.\*

La Fig 8.11c es el diagrama de fuerzas cortantes en la columna, trazado sin considerar las fuerzas normales en las vigas, que suelen tener poca importancia.

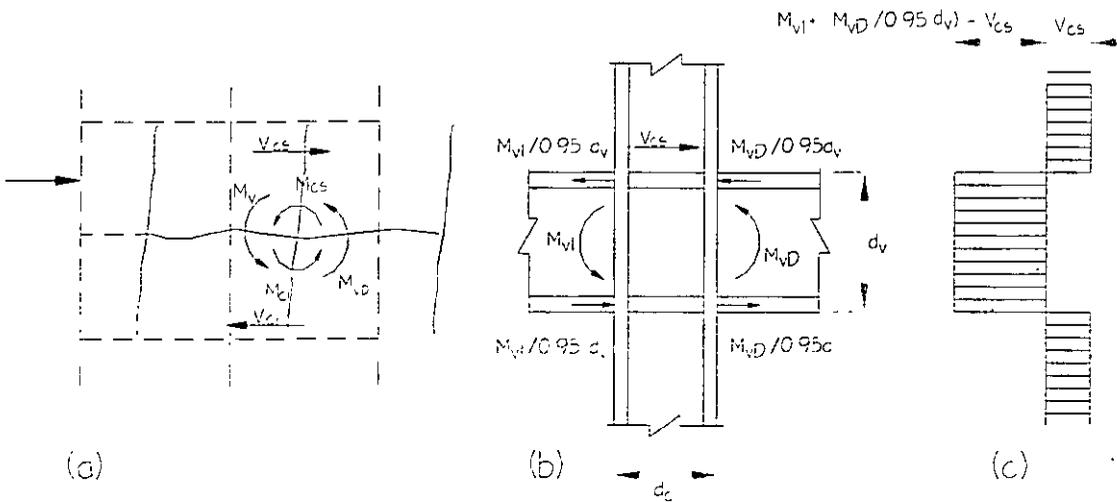


Fig 8.11 Junta de un marco rígido en el que obran cargas Verticales y horizontales

\* Los momentos  $M_{VI}$  y  $M_{VD}$  son las sumas algebraicas de los producidos por viento y por carga vertical; en el caso mostrado en la Fig 8.11, en el que el viento actúa de izquierda a derecha, los dos momentos se suman en la viga de la izquierda y se restan en la de la derecha.

Una situación análoga se presenta en juntas de columnas extremas (Fig 8.12), con la diferencia de que tienen solo una viga, y en conexiones centrales bajo carga vertical asimétrica.

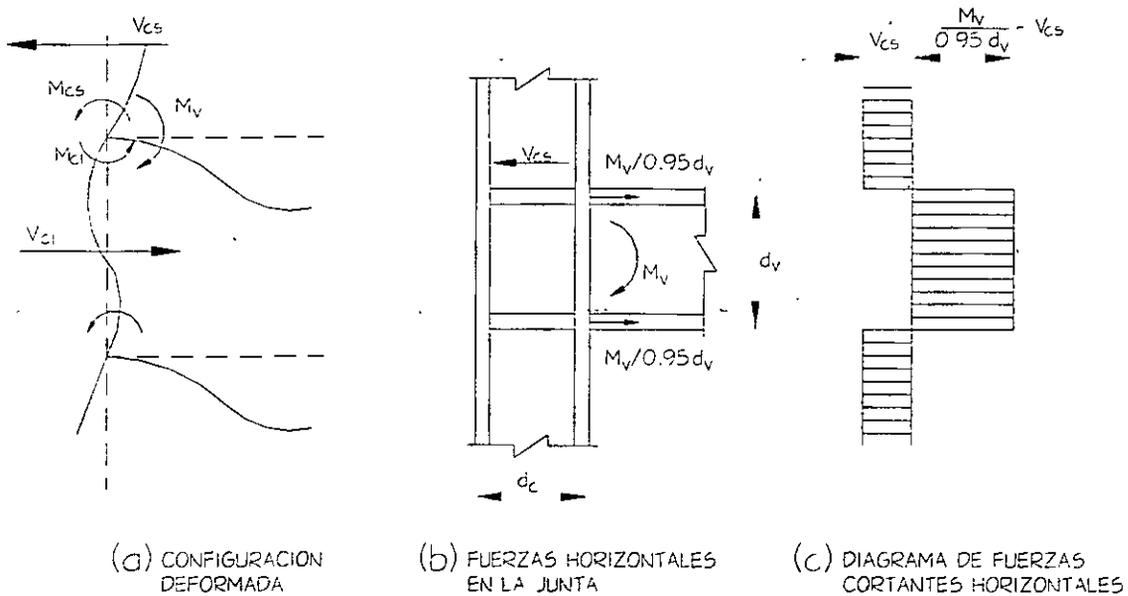


Fig 8.12 Junta viga-columna lateral

El esfuerzo cortante medio que ocasiona el flujo plástico del tablero de alma de la conexión puede expresarse como  $F_y/\sqrt{3}$ , de acuerdo con el criterio de Von Mises, y que la fuerza cortante correspondiente se obtiene con la expresión  $V_y = 0.95 d_c t_c F_{yc}/\sqrt{3}$ , donde  $0.95 d_c$  es el peralte efectivo de la columna, aproximadamente igual a la distancia entre los centroides de los patines. Por otro lado, la fuerza cortante que transmiten las vigas a la junta es  $T = \Sigma M/0.95 d_v$ , donde  $\Sigma M$  es la suma algebraica de los momentos en las dos vigas, o el de la única, si la conexión es de borde. (Se esta suponiendo que las dos vigas tienen el mismo peralte; en caso contrario el denominador  $0.95 d_v$  no sería igual para ambas).

Además, obra también sobre la junta la fuerza cortante de la columna superior,  $V_{cs}$ , que tiene sentido contrario al de las fuerzas en los patines de las vigas.

El flujo por cortante del tablero de alma se inicia cuando la suma algebraica de las fuerzas exteriores es igual a la resistencia:

$$\frac{\sum M}{0.95 d_v} - V_{cs} = \frac{0.95 d_c t_c F_{yc}}{\sqrt{3}}$$

El alma no necesita refuerzo por cortante si

$$t_v \geq \frac{1}{0.55 F_{yc} d_c} \left[ \frac{\sum M}{0.95 d_v} - V_{cs} \right] \quad (8.17)$$

Si no se cumple esta condición la columna debe reforzarse con un par de atiesadores en diagonal, o con una o dos placas adosadas al alma, soldadas en todo el perímetro a los patines y a los atiesadores horizontales.\*

Las dimensiones de las almas de columnas hechas con perfiles H laminados suelen ser tales que no se pandean por cortante bajo fuerzas menores que las que ocasionan su plastificación; para ello, basta que se cumpla la condición (NTC, art 3.3.3b)

$$h_v/t_c \leq 3580/\sqrt{F_y} \quad (h_c/t_c \leq 71, \text{ para acero A36})$$

$h_c$  es el peralte libre del alma y  $t_c$  su grueso, incluyendo el de las placas de refuerzo adosadas, si están unidas a ella de manera que se pandeen en conjunto. La condición anterior debe revisarse siempre en columnas hechas con placas soldadas.

Al deducir la ec 8.17 no se ha tenido en cuenta la influencia de la compresión existente en la columna sobre su resistencia al cortante, por lo que proporciona resultados inseguros cuando esa compresión es importante.

De acuerdo con el criterio de Von Mises, el flujo plástico en un punto cualquiera del tablero de alma de la conexión, que esta en un estado biaxial de esfuerzos, se inicia cuando los esfuerzos en ese punto satisfacen la igualdad.

$$\sigma_a^2 + \sigma_b^2 + 3\tau_{ab}^2 = \sigma_y^2 \quad (8.18)$$

Se ha encontrado experimentalmente que el primer miembro de la ec 8.18 es prácticamente igual en todos los puntos del tablero. En el centro (Fig 8.13)  $\sigma_b$  se anula y  $\sigma_a$  puede tomarse igual a  $P_{cs}/A_c$ , donde  $A_c$  es el área de la sección transversal completa de la columna. Pero  $A_c \sigma_y = P_y$ ,  $A_c = P_y/\sigma_y$ , luego

$$\sigma_a = \frac{P_{cs}}{A_c} = \frac{P_{cs}}{P_y} \sigma_y \quad (8.19)$$

**\* Aunque son menos eficientes, el refuerzo puede hacerse también con placas paralelas al alma pero no adosadas a ella, que se soldan a los patines de la columna**

$P_y = A_c \sigma_y$  es la carga axial que produce el flujo plástico, en compresión, de la columna.

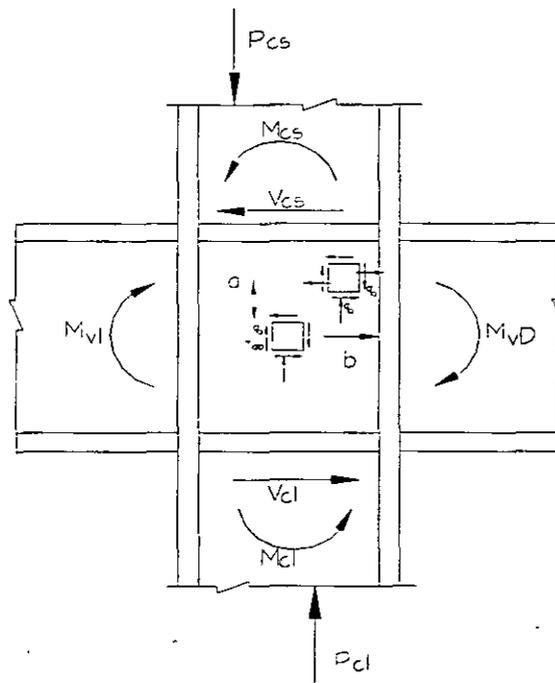


Fig 8.13 Esfuerzos en el alma de la columna en una junta

Sustituyendo  $\sigma_a$  (ec 8.19) en la ec 8.18, y recordando que en el centro del tablero  $\sigma_b = 0$ , se obtiene, en ese punto,

$$\left(\frac{P_{cs}}{P_y}\right)^2 \sigma_y^2 \tau_{ab}^2 = \sigma_y^2, \left(\frac{P_{cs}}{P_y}\right)^2 + \frac{3\tau_{ab}^2}{\sigma_y^2} = 1 \quad (8.20)$$

De aquí se despeja  $\tau_{ab} = \tau'_y$ , que es un esfuerzo cortante de flujo reducido por la fuerza de compresión que actúa en la columna:

$$\tau_{ab} = \tau'_y = \frac{\sigma_y}{\sqrt{3}} \sqrt{1 - \left(\frac{P}{P_y}\right)^2} \quad (8.21)$$

Cuando el esfuerzo cortante iguala a  $\tau'_y$ , el alma de la columna fluye a causa del efecto combinado de las fuerzas cortantes y normales.

Para determinar si se necesitan atiesadores, teniendo en cuenta la compresión en la columna, se iguala la fuerza cortante en el tablero con la resistencia de éste, disminuida por el efecto mencionado:

$$\frac{\sum M}{0.95d_v} - V_{cs} = \frac{0.95d_c t_c F_{yc}}{\sqrt{3}} \sqrt{1 - \left(\frac{P}{P_y}\right)^2} \therefore t_c \geq \frac{1}{0.55F_{yc} d_c} \left[ \frac{\sum M}{0.95d_v} - V_{cs} \right] \frac{1}{\sqrt{1 - (P/P_y)^2}}$$

Esta expresión es semejante a la 8.17 y, como ella, permite determinar el grueso del alma de la columna para el que no se necesita refuerzo por cortante, incluyendo el efecto de la fuerza normal.

En la mayoría de los casos no se requiere el factor  $\sqrt{1 - (P/P_y)^2}$ , pues experimentalmente se ha encontrado que casi toda la fuerza normal de la columna se transfiere a sus patines, en la zona de la junta, cuando el alma fluye por cortante. Esto solo es cierto, sin embargo, en columnas con patines de capacidad suficiente para resistir la fuerza normal completa más los esfuerzos eventuales de flexión producidos en la zona de la conexión. De este modo, el factor  $\sqrt{1 - (P/P_y)^2}$  solo es significativo cuando  $P/P_y$  excede de 0.5.

Cuando el tablero de alma de la columna comprendido entre los atiesadores horizontales fluye plásticamente, debido a fuerzas cortantes y de compresión elevadas, la rigidez de la junta disminuye, pero el modo de falla es estable, es decir, no hay disminución brusca de resistencia. El comportamiento es semejante a la del alma de vigas I o H, que después de fluir plásticamente por cortante siguen soportando cargas adicionales, hasta que las deformaciones tangenciales se hacen excesivas. De hecho, la capacidad al cortante de las conexiones no atiesadas debe basarse en un valor admisible de los desplazamientos de entrepiso del marco del que forman parte, y no en una carga última que es hasta cierto punto imaginaria. Si las consecuencias de las deformaciones de las conexiones son tolerables no hace falta rigidizarlas, aun cuando no se satisfaga la ec 8.22, pues tienen una importante resistencia posterior a la plastificación por cortante, debida principalmente a la rigidez de los patines y los atiesadores que las rodean, que actúan como un marco rígido, y al endurecimiento por deformación.

Cuando se necesiten atiesadores sus características deben basarse en consideraciones de rigidez, más que en el criterio que define la iniciación del flujo plástico.\*

Las deformaciones unitarias de los atiesadores horizontales de conexiones con una sola viga disminuyen desde un máximo en el extremo que queda frente a la viga hasta cero en el extremo opuesto, lo que indica que la fuerza se trasmite de los atiesadores al alma de la columna. El esfuerzo en el primer extremo llega al límite de fluencia, de manera que la soldadura entre atiesadores y alma ha de dimensionarse para transmitir la fuerza de plastificación de los primeros.

**\* Estas observaciones son validas para conexiones con carga estática asimétrica o con fuerzas de viento; pueden no serlo cuando las acciones de diseño incluyen efectos sísmicos importantes.**

**CONEXIONES CON VIGAS EN EL ALMA DE LA COLUMNA:** La mayor parte de los estudios efectuados hasta ahora se ha referido a juntas en las que las vigas llegan a los patines de la columna; sin embargo, también se han investigado las conexiones formadas por una viga unida rígidamente con el alma de la columna, de manera que el momento que transmite la primera hace que la segunda se flexione alrededor de su eje de menor momento de inercia. Los especímenes ensayados han sido del tipo mostrado en la Fig 8.14; en la columna actúa una fuerza de compresión, aplicada en el extremo superior, que reproduce los efectos de los niveles del edificio situados encima de ella.

El análisis y diseño de estas conexiones es más difícil que el de las que tienen las vigas unidas a los patines de la columna, por las razones siguientes:

- 1.- La resistencia máxima de la conexión corresponde, en teoría, a la formación de articulaciones plásticas en la columna o en la viga. Sin embargo, hay otros factores que limitan esa resistencia; por ejemplo, si los patines de la viga son mucho más angostos que el alma de la columna, puede formarse en ésta un mecanismo con líneas de flujo antes de que aparezcan las articulaciones plásticas. Otros factores que pueden impedir que se alcance la resistencia máxima predicha por la teoría plástica simple son el pandeo local de los patines o el alma de la columna y la fractura de material del conjunto. La posible formación de un mecanismo con líneas de flujo o el pandeo local pueden obligar a rigidizar la columna.
- 2.- El montaje en campo puede ser difícil, aunque la conexión se haya diseñado y detallado adecuadamente, a causa de las restricciones de espacio que crean los patines de la columna.

El objetivo de los estudios reportados en esa investigación es examinar las conexiones por alma desde los puntos de vista de resistencia, rigidez y ductilidad, así como considerar los efectos que producen los atiesadores, cuando son necesarios para alcanzar la resistencia o rigidez deseadas, su mira final es formular recomendaciones para diseño.

El comportamiento de las conexiones es adecuado, en general, cuando se emplean atiesadores que evitan que el alma de la columna se deforme (Fig 8.14, b y c), pero puede no serlo si el ancho del patín de la viga es menor que el peralte del alma de la columna y la unión se hace en forma directa, sin atiesadores (Fig 8.14d), ya que puede formarse un mecanismo de falla con líneas de flujo en el alma de la columna, antes de que aparezca una articulación plástica en la viga. Además, aunque no se forme ese mecanismo, lo que depende del ancho del patín y del peralte de la viga, así como del peralte y grueso del alma de la columna, es posible que no se alcance la carga máxima predicha por la teoría plástica simple porque la unión mencionada ocasiona elevadas concentraciones de esfuerzos y pérdida de ductilidad, que pueden producir la fractura del material.

La mayor parte de las conexiones ensayadas falló por fractura cuando la carga alcanzó el valor predicho por la teoría plástica simple, o estaba cerca de él, sin que se presenten deformaciones plásticas significativas. Las grietas que ocasionaron la falla se iniciaron en la unión del patín en tensión de la viga y el alma de la columna en las conexiones como la mostrada en la Fig 8.14d, y en el punto en que se unen la placa de

conexión y el patín de la columna en las del tipo de la Fig. 8.14b; estas últimas grietas se debieron, probablemente, al estado triaxial de esfuerzos que se crea en el punto mencionado

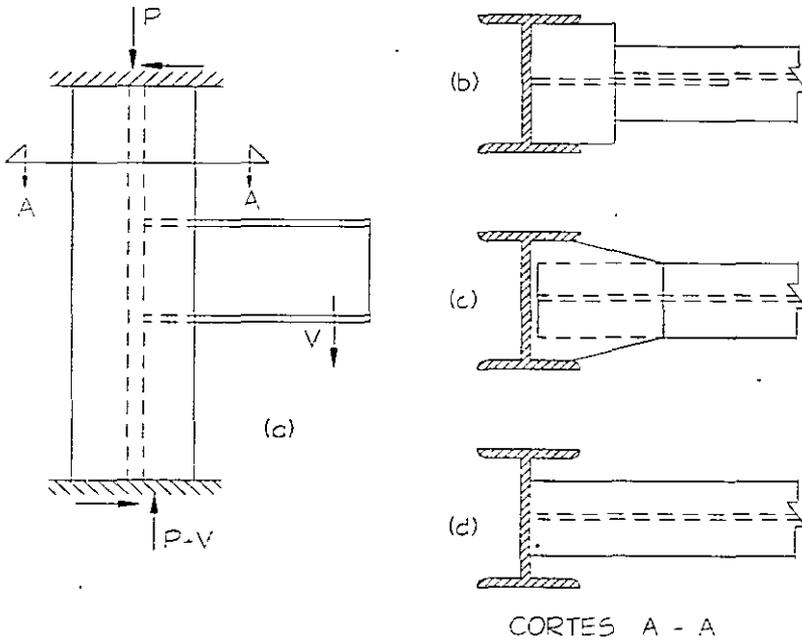


Fig 8.14 Viga conectada al alma de la columna

Las juntas que no tienen capacidad de rotación bajo carga máxima no son satisfactorias, puesto que impiden la redistribución de momentos que es necesaria tanto en diseño plástico como en estructuras construidas en zonas de alta sismicidad.

Algunos autores sugieren medidas para mejorar el comportamiento de las conexiones, sobre todo desde el punto de vista de su capacidad de rotación (Fig. 8.18):

- 1.- Empleo de placas para transmitir el momento de grueso mayor que el del patín de la viga (Fig. 8.15a), con lo que se reducen las concentraciones de esfuerzos en las zonas de las placas adyacentes a los extremos de los patines de la columna.
- 2.- Empleo de atiesadores en la columna del lado opuesto al que recibe la viga (Fig. 8.15b). Algunos análisis realizados con elemento finito han indicado que las concentraciones de esfuerzos en las zonas indicadas en el punto 1 se reducen cuando menos en un tercio al colocar esos atiesadores.
- 3.- Alargamiento de las placas de conexión para separar las soldaduras entre ellas y el patín de la viga y los de la columna, evitando la intersección de soldaduras y los elevados esfuerzos residuales asociados con ella (Fig 8.15c).
- 4.- Uso de placas de ancho variable para reducir la concentración de esfuerzos en la sección crítica (Fig 8.15d).

Los momentos y la fuerza cortante están multiplicados por el factor de carga para solicitaciones gravitacionales y sísmicas combinadas.

Sin embargo, se ha recomendado que las juntas de marcos dúctiles se diseñen para que resistan las fuerzas cortantes máximas que pueden aparecer en ellas, correspondientes a la formación de articulaciones plásticas en los extremos adyacentes a la columna de la viga o vigas; en esas condiciones, la ec 8.26 se transforma en

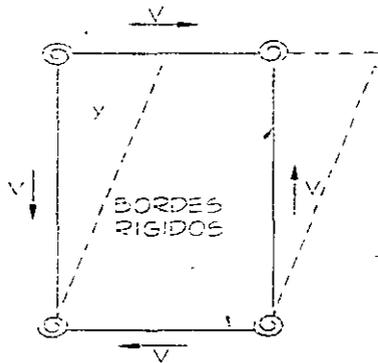
$$V = \frac{(M_p)_{VI}}{0.95d_{VI}} + \frac{(M_p)_{VD}}{0.95d_{VD}} - \frac{(M_p)_{VI} + (M_p)_{VD}}{h_c} \quad (8.27)$$

$(M_p)_{VI}$  y  $(M_p)_{VD}$  son los momentos plásticos resistentes de las dos vigas, izquierda y derecha, y  $d_{VI}$  y  $d_{VD}$ , sus peraltes; el ultimo termino es la fuerza cortante en la columna,  $V_{CS}$ , obtenida suponiendo que se forma un punto de inflexión en su succión media.

La evidencia experimental demuestra que la resistencia ultima en cortante de las juntas viga-columna es mucho mayor que la dada por la ec 8.23 o 8.24 ); se suele alcanzar después de que la junta experimenta distorsiones inelásticas grandes, pero que tienen poca importancia si no afectan negativamente los requisitos de resistencia y rigidez de los marcos.

Las gráficas carga-deformación de las juntas no corresponden a una respuesta elástica-casi plástica, sino exhiben una rigidez que decrece gradualmente, por lo que es apropiado asociar su resistencia ultima con la fuerza cortante que pueden transmitir con deformaciones inelásticas controladas.

En la Fig 8.18 se muestra el modelo utilizado en otra investigación para estudiar la resistencia y rigidez del conjunto formado por el tablero del alma de la columna, los patines de ésta y los dos atiesadores horizontales alineados con los patines de las vigas.



$$R_c = \begin{cases} V/Y = 0.95 G & \text{PARA } 0 \leq Y \leq Y_y \\ 0 & \text{PARA } Y > Y_y \end{cases}$$

$$R_c = \begin{cases} 0 & \text{PARA } Y > 4Y_y \\ \frac{M}{B} = \frac{E d_c}{10} \frac{Y}{B} & \text{PARA } Y_y < Y \leq 4Y_y \end{cases}$$

$R_c$  = RIGIDEZ DEL TABLERO DE ALMA

$R_c$  = RIGIDEZ DEL LOS ELEMENTOS DE BORDE

Fig 8.18 Modelo matemático de la junta

El modelo consiste en una placa de comportamiento elastoplástico perfecto, bajo fuerza cortante, rodeada por bordes rígidos con resortes en las cuatro esquinas, que simulan la resistencia de los elementos que rodean el tablero del alma, especialmente la resistencia a la flexión de los patines de la columna; las características de los resortes se escogen de manera que el modelo reproduzca los resultados experimentales con precisión adecuada. La placa resiste las fuerzas cortantes hasta que fluye plásticamente; la resistencia adicional es proporcionada por los elementos situados alrededor de ella.

Aceptando que la resistencia última de la junta corresponde a una distorsión cuatro veces mayor que la de plastificación del alma en cortante, se llega a la expresión:

$$V_u = 0.55 F_y d_c t \left( 1 + \frac{3.45 b_c t_{pc}^2}{d_v d_c t} \right) \quad (8.28)$$

$t$  es el grueso total del alma en la junta.

El segundo término del paréntesis representa el incremento en resistencia por encima de la fuerza cortante que ocasiona la plastificación del alma.

El modelo que se acaba de describir proporciona buenos resultados para juntas interiores en las que el cociente de la fuerza normal de diseño en la columna,  $P$ , entre  $P_y$ , no excede de 0.50 y, además, la acción combinada de fuerza axial y momento flexionante no ocasiona flujo plástico en la columna fuera de la conexión pues si ese fenómeno se presenta en forma prematura hace que disminuya la resistencia de los elementos que rodean a la junta, principalmente los patines de la columna. El modelo no debe aplicarse a juntas de esquina, que carecen de elementos adyacentes en dos lados.

Si las vigas que llegan a los patines de la columna tienen peraltes diferentes, es conservador utilizar el mayor de los dos en la ec 8.28.

Cuando su resistencia es inadecuada, el alma de las columnas suele reforzarse con placas adosadas, que son completamente efectivas si están en contacto con el alma y ligadas a ella y a los patines con soldadura colocada en todo su perímetro.

La resistencia última en cortante de juntas con placas adosadas al alma de la columna esta dada por

$$V_u = (V_u)_{col} + 0.9 \times 0.66 F_y (d_c + t_{pc}) t \quad (8.29)$$

Donde  $(V_u)_{col}$  es la resistencia de la junta sin reforzar, dada por la ec 8.28

La investigación se recomienda que la resistencia al cortante de una junta se calcule con la ecuación

$$V = 0.55 F_y d_c t \left( 1 + \frac{3 b_c t^2 p_c}{d_v d_c t} \right) \quad (8.30)$$

En la que  $t$  es el grueso total del tablero de alma de la junta, incluyendo placas adosadas, cuando las haya.

Los párrafos siguientes están tomados de esa investigación:

“En temblores severos debe esperarse que los marcos experimenten deformaciones varias veces mayores que las calculadas bajo cargas de trabajo; la magnitud y distribución de esas deformaciones, inelásticas en su mayor parte, dependen de las resistencias y rigideces relativas de los elementos que componen la estructura. Idealmente, los marcos deben diseñarse de manera que la respuesta inelástica se concentre en los elementos que puedan proporcionar mayor ductilidad. Al mismo tiempo, debe prestarse mucha atención a los requisitos de rigidez en todos los niveles de deformación, para limitar los desplazamientos de entrepiso con objeto de controlar los daños en elementos no estructurales y reducir la posibilidad de problemas de inestabilidad de conjunto.

Las juntas suelen ser elementos muy dúctiles, pero de rigidez reducida cuando se someten a esfuerzos cortantes mayores que los de trabajo. Por este motivo, la rigidez de un marco con juntas diseñadas para que resistan los momentos en los extremos de las vigas producidos por las fuerzas sísmicas estipuladas en los códigos disminuye considerablemente en cuanto se exceden esos momentos, pues la resistencia máxima de las juntas es, con frecuencia, insuficiente para que aparezcan articulaciones plásticas en las vigas. Además, la baja rigidez postelástica del marco hará que crezcan los desplazamientos de entrepiso y que se amplifique el efecto  $p\Delta$ .

En el caso anterior pierde importancia la ductilidad de las vigas pero, en cambio, debe prestarse mucha atención al diseño y a la fabricación de las juntas.

La resistencia y rigidez máximas de los marcos se obtienen diseñando sus juntas para la fuerza cortante de mayor intensidad posible, que corresponde a la formación de articulaciones plásticas en las vigas que llegan a ellas. Si, en esas condiciones, la resistencia de la junta se toma igual a  $0.55 f_y d_c t$ , que es la recomendada para diseño plástico, las conexiones se conservan esencialmente elásticas durante temblores intensos, y las deformaciones inelásticas se concentran en las vigas y, posiblemente, en algunas columnas, lo que puede imponer requisitos de ductilidad muy severos en ellas mientras que las juntas, que son dúctiles por naturaleza, no participan en la disipación de energía; el diseño suele ser demasiado conservador, pero puede resultar inadecuado si las demandas de ductilidad en vigas y columnas resultan excesivas.

Por los motivos anteriores, siempre que se juzgue necesario diseñar las juntas para la resistencia máxima de los miembros que llegan a ellas, conviene utilizar su máxima capacidad al cortante, que esta asociada a deformaciones inelásticas controladas, y se calcula con las ecs 8.28 o 8.29. Se logra así desarrollar la resistencia máxima de los elementos conectados sin afectar significativamente la rigidez de conjunto del marco,

mientras que las juntas participan en la disipación de energía y se reducen las demandas de ductilidad en las regiones inelásticas de vigas y columnas”.

**COLUMNAS EN CAJON.** Las conexiones de vigas con columnas en cajón son semejantes a las que se emplean cuando las vigas llegan a los patines de secciones H. Como en estos casos dos de las placas que forman el cajón son paralelas al alma de las vigas, no suele haber problemas de cortante en la junta; sin embargo, es frecuente que se necesiten atiesadores interiores frente a los dos patines de las vigas, lo que suele complicar la fabricación, ante la imposibilidad de soldarlos a las caras interiores de las cuatro placas.

En la Fig 8.19 se ilustra una posible solución del problema.

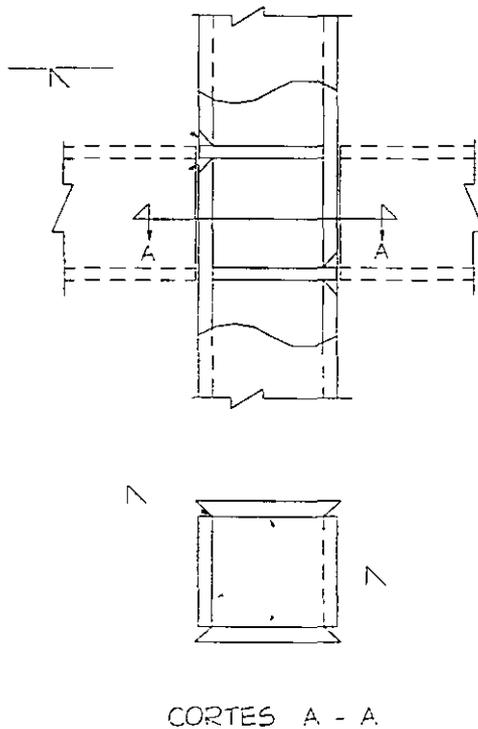


Fig 8.19 Colocación de atiesadores horizontales en una columna en cajón

**CONEXIONES POR ALMA:** Cuando las vigas se conectan en el alma de columnas de sección H no suele haber problemas de cortante, puesto que la fuerza cortante es resistida por los dos patines de la sección, paralelos al alma de la viga.

La situación es análoga a la que se tiene en las columnas en cajón mencionadas arriba.

**JUNTAS VIGA-COLUMNA TÍPICAS:** En la Fig 8.20 se muestran varios tipos de juntas rígidas viga-columna que se han utilizado con éxito en la práctica. En algunas de ellas se usan tornillos de alta resistencia, pero en juntas de marcos dúctiles que se construirán en zonas de alta sismicidad son preferibles las conexiones soldadas, al menos en los patines; pueden emplearse juntas con los patines de las vigas soldados a las columnas y el alma unidas por medio de una o dos placas verticales con tornillos de alta resistencia, pero no se recomienda que los patines se conecten con tornillos.

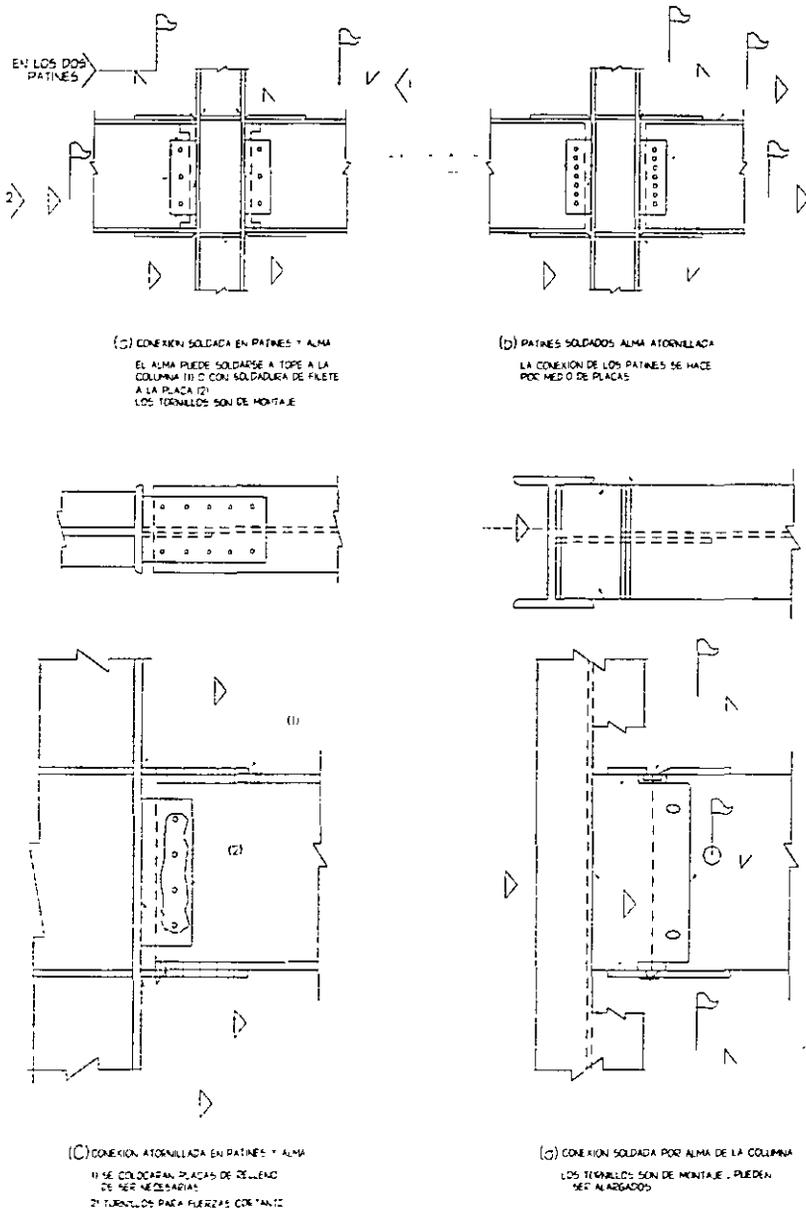


Fig 8.20 Diversos tipos de conexiones viga-columna

Se han dibujado atiesadores en el alma de las columnas en todas las juntas en que las vigas llegan a sus patines, aunque no siempre son necesarios.

**DEFINICIONES:** En la mayor parte de la literatura se emplean las palabras “juntas” y “conexiones”, indistintamente, para designar el conjunto constituido por partes de los miembros estructurales y por los elementos que los unen entre sí, soldadura, remaches o tornillos y, en muchos casos, placas y ángulos que transmiten todas, o algunas, de las solicitaciones. Así se han empleado los dos términos en la sección 8 que antecede a esta.

Sin embargo, en el inciso 8.1 se indica el significado concreto que debe darse a cada una de las dos palabras, con lo que se obtiene una mayor claridad en las normas.

**RESISTENCIA DE LA CONEXIÓN:** En este inciso se mencionan los requisitos que deben cumplirse para que la conexión rígida de una viga con una columna sea satisfactoria; se refiere, por consiguiente, a los tornillos, remaches o soldaduras que se utilizan en la conexión y a las placas o ángulos, por patines o alma, cuando los haya.

Siguiendo la práctica usual, que busca obtener conexiones más resistentes que los miembros conectados, se especifica que los elementos de conexión han de ser capaces de transmitir, como mínimo, las acciones en los extremos de las vigas incrementadas en 25 por ciento, sin que sea necesario sobrepasar la resistencia de la viga ni la de la junta; en la evaluación de ésta se ha incluido, aproximadamente, el incremento en la fuerza cortante ocasionado por el endurecimiento por deformación y la influencia de los patines de la columna.

Las conexiones señaladas en a) y b), que han de cumplirse para que una conexión entre viga y columna desarrolle la resistencia de la primera, están basadas en resultados de laboratorio obtenidos mediante ensayos bajo cargas estáticas y dinámicas. Cuando la resistencia en flexión de los patines de la viga es un porcentaje elevado de la resistencia de la sección completa los primeros pueden transmitir el momento plástico total por si solos, gracias al endurecimiento por deformación, por lo que la conexión del alma se diseña por fuerza cortante exclusivamente. En cambio, en secciones en las que el alma contribuye significativamente a la resistencia a la flexión debe conectarse para que se transmita, a través de ella, la fuerza cortante completa y el porcentaje del momento que le corresponde, con lo que se evita un endurecimiento por deformación excesivo en los patines.

Cuando se emplean aceros poco dúctiles no se permiten reducciones de área en los patines de las vigas en zonas de formación de articulaciones plásticas porque esas reducciones, debidas, por ejemplo, a agujeros para tornillos, ocasionan concentraciones de esfuerzos que tienden a reducir, aun más, la ductilidad del material.

El último párrafo de este inciso se refiere a los refuerzos que deben colocarse cuando las vigas se conectan al alma de la columna.

**DISEÑO DE ATIESADORES:** Aquí se indica como debe revisarse la columna, en las zonas que quedan frente a los patines de las vigas, en tensión o compresión, para evitar la falla del alma por flujo plástico frente a cualquiera de ellos, la falla por pandeo en la zona de los patines en compresión y la flexión excesiva del patín de la columna, que puede ocasionar la fractura de las soldaduras, en la zona en tensión. Estas recomendaciones corresponden al caso en que las vigas, uno o dos, se conectan con los patines de la columna.

La ec 8.1 proporciona el área requerida de atiesadores frente a los patines superior e inferior de la viga; si el resultado es negativo, el alma de la columna resiste por si sola las fuerzas que le aplican las vigas, sin necesidad de atiesadores.

La ec 8.1 es la 8.10, en la que se ha sustituido  $A_p F_{yv}$  por  $P_{pv}$ , fuerza que sea aplicada a la columna, a través del patín de la viga o de la placa horizontal.

Cuando el diseño queda regido por las cargas permanentes, o por la combinación de éstas y viento,  $P_{pv}$  se toma igual a 1.25 veces la fuerza transmitida por el patín; con el incremento se busca obtener una junta más resistente que los miembros que concurren en ella.

No se pide que  $P_{pv}$  sea igual a  $A_p F_{yv}$  porque esto podría llevar a diseños demasiado conservadores, sobre todo en los casos, bastantes frecuentes, en que los tamaños de las vigas se aumentan para controlar los desplazamientos horizontales producidos por el viento, de manera que quedan sobradas por resistencia.

En cambio, en diseños en zonas sísmicas los extremos de las vigas deben ser capaces de desarrollar su momento plástico, puesto que en ellos se formarán, casi siempre, articulaciones plásticas asociadas con el mecanismo de colapso, por lo que  $P_{pv}$  es igual a la fuerza que transmite un patín al formarse la articulación, multiplicada por 1.25 para incluir el efecto del endurecimiento por deformación.

Si se cumple la condición expresada por 8.2 el alma no se patea en la zona de compresión bajo la acción de la fuerza  $P_{pv}$ , definida arriba. 8.2 es la ec de la que se ha despejado el peralte del alma de la columna,  $h_c$ , se ha sustituido  $P_{cr}$  por  $P_{pv}$  y se ha introducido el factor de resistencia  $F_R$ .

Por ultimo, la condición 8.3 proviene de la ec 8.16, en la que se ha sustituido  $C1$  por  $F_{yv}/F_{yc}$ , el producto  $A_p F_{yv}$  por la fuerza en el patín de la viga,  $P_{pv}$ , y se ha multiplicado el esfuerzo de flujo nominal de la columna por el factor de reducción  $F_R$ .

**TABLERO DEL ALMA DE LA COLUMNA:** La resistencia ante fuerza cortante del tablero de alma de la columna se revisa con la ec 8.3, que aparece aquí como ec 8.4 la fuerza cortante  $V$  se obtiene con los momentos flexionantes en los extremos de las vigas, producidos por las cargas verticales de diseño más 1.3 veces las fuerzas de viento o 1.7 veces las fuerzas sísmicas, ambas de diseño, sin que sea necesario que excedan de 1.25

veces el producto del área del patín por el esfuerzo de fluencia del material con el que está hecho.

El factor 1.7 que multiplica los efectos de sismo se debe a las muchas incertidumbres que hay en la determinación de los momentos de diseño, sobre todo cuando el análisis sísmico se efectúa con métodos elásticos.

Cuando la resistencia del alma de la columna; calculada con la ec 8.4, es menor que la fuerza cortante que actúa en ella, debe cambiarse de perfil, o incrementar su resistencia por medio de una o dos placas adosadas al alma; en el párrafo c) se indican los requisitos que han de satisfacer las placas de refuerzo.

**REQUISITOS ADICIONALES:** Las condiciones que se señalan en a) buscan que las secciones extremas de las vigas puedan desarrollar su momento plástico y lo mantengan durante las rotaciones inelásticas necesarias para que se forme el mecanismo de colapso.

En b) se indica una condición que ha de satisfacerse para que las columnas sean más resistentes que las vigas, de manera que las articulaciones plásticas se formen en los extremos de estas, donde se tiene más ductilidad y capacidad de rotación. Este requisito es adecuado para marcos rígidos de edificios que se construirán en zonas de alta sismicidad, cuando se hayan diseñado con fuerzas horizontales reducidas apreciablemente por la capacidad de la estructura de disipar energía en el intervalo inelástico. De acuerdo con varias investigaciones y con el capítulo 11 de estas Normas Técnicas, la condición 8.5 debe cumplirse siempre que el diseño de los marcos se haga con un factor de comportamiento sísmico de 3.0 o 4.0

**EJEMPLO 8.1:** Diseñar la junta viga-columna de una columna interior de un edificio a la que llegan cuatro vigas, dos conectadas al alma y las otras dos a los patines. El acero es A36. Los elementos mecánicos de diseño y los perfiles de vigas y columna se muestran en la Fig 8.21. Supóngase que el análisis sísmico se hizo con  $Q = 3.0$

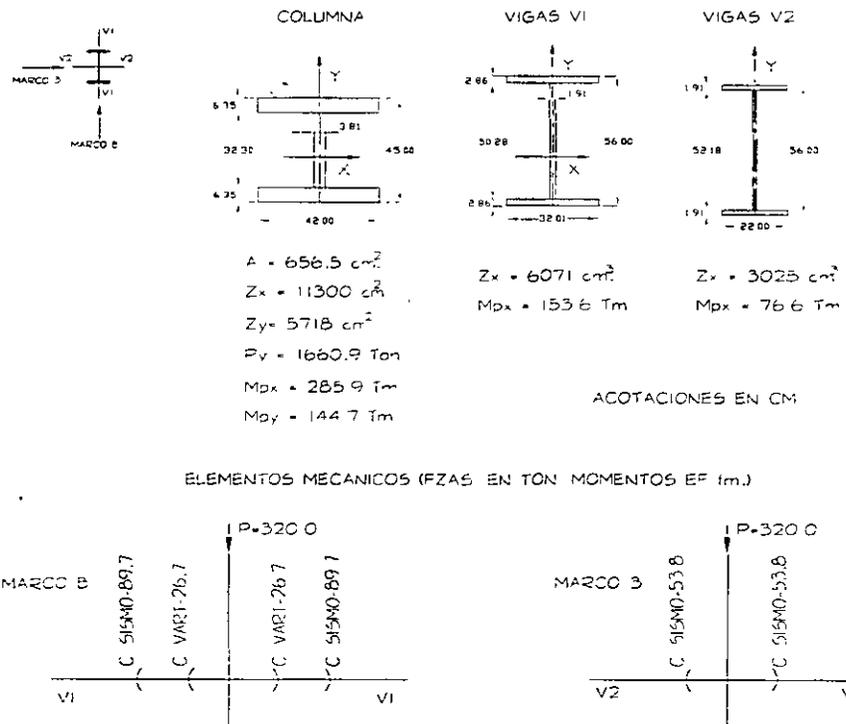


Fig 8.21 EJEMPLO 8.1

Fig 8.21 Ejemplo 8.1

El sistema de piso esta formado por elementos precolados apoyados en las vigas V1 y en las paralelas a ellas, por lo que en las vigas V2 no hay cargas verticales.

**REQUISITOS ADICIONALES:** Como el análisis sísmico se hizo con  $Q = 3.0$ , debe satisfacerse la condición dada por la expresión 8.5 en los dos planos de deflexión.

Art 8.5

$f_a = 320 \times 1.1 / 656.5 = 536 \text{ kg/cm}^2$ . 1.1 es el factor de carga para la combinación carga gravitacional + sismo.

$$F_{yc} - f_a = 2530 - 536 = 1994 \text{ kg/cm}^2$$

$f_a / F_{yc} = 536 / 2530 = 0.21 < 0.4$ . No es necesario revisar la condición dada por la ec 8.5; sin embargo, se hará la revisión con fines ilustrativos. Art 8.5b)1

**FLEXION ALREDEDOR DEL EJE X DE LA COLUMNA:** Se supone que las dos columnas que llegan al nudo son iguales.

$$\Sigma Z_c(F_{yc} - f_a) = 11300 \times 2 \times 1994 \times 10^{-5} = 450.6 \text{ Tm.}$$

$$\Sigma Z_v F_{yv} = \Sigma M_{pv} = 2 \times 153.6 = 307.2 \text{ Tm.}$$

$$\Sigma Z_c(F_{yc} - f_a) = 450.6 > \Sigma M_{pv} = 307.2. \quad \text{Se cumple la condición} \quad \text{Ec 8.5}$$

**FLEXION ALREDEDOR DE Y:**

$$\Sigma Z_c(F_{yc} - f_a) = 5718 \times 2 \times 1994 \times 10^{-5} = 228.0 \text{ Tm}$$

$$\Sigma Z_v F_{yv} = \Sigma M_{pv} = 2 \times 76.6 = 153.2 \text{ Tm} < 228.0 \text{ correcto} \quad \text{Ec 8.5}$$

El requisito de "vigas débiles, columnas resistentes", expresado por la ec 8.5, se cumple para flexión en los dos planos principales de la columna.

**DISEÑO DE LA JUNTA:**

a) **VIGAS CONECTADAS A LOS PATINES DE LA COLUMNA**

**RESISTENCIA DE LA CONEXION**

Módulos de sección plásticos de los patines de las vigas ( $Z_p$ ).

$$\text{Vigas V1 } Z_p = 2 \times 32.0 \times 2.86 \times 26.57 = 4863 \text{ cm}^3$$

$$Z_p/Z_x = 4863/6071 = 0.80 > 0.70$$

Se obtiene una conexión de resistencia adecuada uniendo los patines de las vigas con los de las columnas por medio de soldaduras de penetración completa, y conectando el

alma de las vigas con soldaduras o tornillos de alta resistencia diseñados para transmitir la fuerza cortante total.

Art 8.2, inciso b

**REVISION DEL TABLERO DE ALMA DE LA COLUMNA** Conviene hacer esta revisión antes de estudiar si se requieren atiesadores horizontales frente a los patines de la viga porque la necesidad de estos y, en su caso, su grueso, se ve afectada si se refuerza el alma de la columna con placas adosadas

Art 8.4

**RESISTENCIA AL CORTANTE DE LA JUNTA**

Art 8.4a

$$V = 0.55 F_y d_c t \left(1 + \frac{3b_c t_{pc}^2}{d_v b_c t}\right) = 0.55 \times 2.53 \times 45 \times 3.81 \times \left(1 + \frac{3 \times 42.0 \times 6.35^2}{56.0 \times 42.0 \times 3.81}\right)$$

Ec 8.4

$$= 238.6(1 + 0.567) = 373.9 \text{ ton}$$

**FUERZA CORTANTE EN LA JUNTA** Es igual a la suma de las fuerzas cortantes producidas por las vigas, correspondientes a 1.01 x C Vert. + 1.7 x 1.1 x Sismo, sin exceder de 1.25 A<sub>py</sub>F<sub>yv</sub>, menos la fuerza cortante en la columna superior. Los momentos de sismo de las vigas se toman con los signos que ocasionen la fuerza horizontal máxima en la junta.

$$\text{Viga izquierda. } M = -1.1 \times 26.7 - 1.7 \times 1.1 \times 89.7 = -197.1 \text{ Tm}$$

$$\text{Fuerza en cada patín} = M/0.95d = 197.1/(0.95 \times 0.56) = 370.5 \text{ Ton} > 1.25 A_{pv}F_{yv} = 289.4 \text{ Ton}$$

$$\text{Viga derecha. } M = 1.1 \times 26.7 - 1.7 \times 1.1 \times 89.7 = -138.4 \text{ Tm}$$

$$\text{Fuerza en cada patín} = 138.4/(0.95 \times 0.56) = 260.2 \text{ Ton} < 289.4$$

La suma de fuerzas en los patines de las vigas es igual a 2 x 1.25 A<sub>pv</sub>F<sub>yv</sub> = 578.8 ton, porque pueden formarse articulaciones plásticas en las dos vigas.

Columna. La fuerza cortante en la columna superior, en el instante en que el marco se convierte en un mecanismo, es aproximadamente igual a

$$\frac{(M'_p)VI + (M_p)vd}{h} = \frac{2 \times 153.6}{3.5} = 87.8 \text{ ton} \quad \text{Ec 8.27}$$

$h = 3.5$  m es la altura de la columna.

Fuerza cortante en la junta =  $578.8 - 87.8 = 491.0$  ton

Puesto que esta fuerza es mayor que la resistencia de la junta ( $491.0 > 373.9$ ) es necesario reforzar el alma de la columna.

Aumentando el grueso del alma a  $6.35$  cm ( $2 \frac{1}{2}$ "") la resistencia al cortante de la junta sube a

$$V = 0.55 \times 2.53 \times 45.0 \times 6.35 \left(1 + \frac{3 \times 42.0 \times 6.35^2}{56.0 \times 45.0 \times 6.35}\right) = 397.6(1 + 0.318) = 524.0 \text{ ton} > 491.0$$

Ec 8.4

El refuerzo del alma puede hacerse con una o dos placas adosadas a ella o, como se trata de una sección hecha con tres placas soldadas, utilizando una placa de alma del grueso adecuado en el tramo de la junta.

Grueso del alma en la junta.  $6.35$  cm ( $2 \frac{1}{2}$ "")

$(56.0 + 45.0) / 3.81 = 26.5 < 90$ . Esta condición se cumple aunque no se refuerce el alma.

Art 8.4b

## DISEÑO DE ATIESADORES

**REVISION DEL ALMA POR FLUJO PLASTICO** (frente a los patines de las vigas en tensión y compresión)

$P_{pv}$  es igual al menor de los valores siguientes:

Inciso 8.3b

$$1.25 M_{pv}/d_v = 1.25 \times 153.6/0.56 = 342.9 \text{ ton}$$

$$1.25 A_{pv}F_{yv} = 289.4 \text{ ton} < 342.9 \therefore P_{pv} = 289.4 \text{ ton}$$

Si se supone que el alma y los patines están unidos entre si con soldaduras de filete de  $1.27$  cm ( $1/2$ ""),  $k$  vale  $6.35 + 1.27$  cm

$$A_{at} = \frac{P_{pv} - F_{yc} t_c (t_v + 5k)}{F_{yat}} = \frac{289.4 - 2.53 \times 6.35 (2.86 + 5 \times 7.62)}{2.53}$$

$$= \frac{289.4 - 658.0}{2.53} < 0 \quad \text{Ec 8.1}$$

Por este concepto no se necesitan atiesadores.

### REVISION DEL PANDEO DEL ALMA EN LA ZONA DE COMPRESION

$$\frac{34400 t_c^3 \sqrt{F_{yc}}}{P_{pv}} F_R = \frac{34400 \times 6.35^3 \sqrt{2530}}{289400} \times 0.85 =$$

$$1301 \text{ cm} \gg h_c = 32.3 - 1.27 \times 2 = 29.8 \text{ cm} \quad \text{Ec 8.2}$$

Tomando  $t_c$  en cm,  $F_{yc}$  en kg/cm y  $P_{pv}$  en kg, el resultado se obtiene en cm.

El alma no se pandea por compresión.

### REVISION DE LOS PATINES DE LA COLUMNA EN LA ZONA DE TENSION

$$0.4 \sqrt{\frac{P_{pv}}{F_{yc} F_R}} = 0.4 \sqrt{\frac{289.4 \times 10^3}{2530 \times 0.9}} = 4.51 \text{ cm} < t_{pc} = 6.35 \text{ cm} \quad \text{Ec 8.3}$$

No se necesitan atiesadores.

En resumen, el tablero de alma necesita refuerzo para resistir la fuerza cortante, pero no se necesitan atiesadores horizontales frente a ninguno de los patines de las vigas.

Este ejemplo es típico de las conexiones viga-columna de los niveles inferiores de marcos rígidos de cierta altura, donde los perfiles de las columnas son mucho más robustos que los de las vigas.



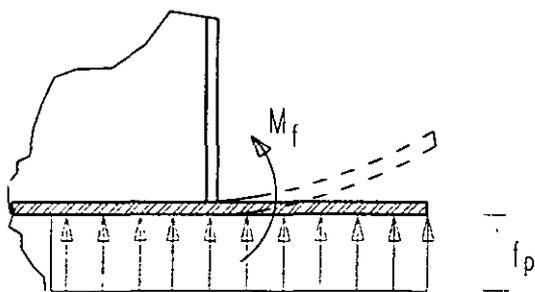
En las ecuaciones anteriores :

$f'_c$  = Resistencia a la compresión del concreto.

$A_1$  = Area de contacto de la placa con el concreto.

$A_2$  = Area de la sección transversal del apoyo de concreto.

El espesor de la placa base, al igual que en las zapatas, debe ser tal, que no se flexione al actuar la reacción del concreto, ya que de ésta forma se reducirá la zona de contacto de la placa y los esfuerzos de aplastamiento podrían rebasar a los permisibles del concreto, en general se acostumbra analizar el efecto de una longitud unitaria (1cm) de placa, con lo que la sección transversal que resiste la flexión sería de base 1 cm y de peralte "t", siendo su módulo de sección :



$$Z_x = \frac{t^2}{4}$$

$$M_R = F_R Z_x F_y$$

Sustituyendo  $Z_x$  tenemos:

$$M_R = F_R \frac{t^2}{4} F_y \quad \text{Igualando al } M_u \text{ y despejando } t$$

$$t = \sqrt{\frac{4M_u}{F_R F_y}}$$

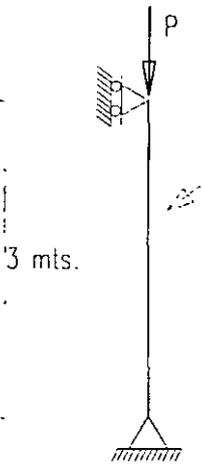


1cm.

Con ésta última ecuación se puede obtener el espesor de la placa necesaria para proporcionarle la rigidez adecuada, y el esfuerzo de  $F_R F_y$  corresponde al de plastificación de elementos rectangulares macizos, flexionados con respecto a su eje débil. En los ejemplos siguientes se ilustra la aplicación de las fórmulas anteriores.

**EJEMPLO 6.1 :** Determinar la placa base necesaria para la columna siguiente, si el concreto de su dado será de  $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$  y el acero de la columna es A-36

Determinación de la carga máxima que soporta la columna



$$P_{\max} = F_R A_t F_{cr}$$

Propiedades de un ángulo :

$$A = 28.13 \text{ cm}^2, I_x = 640.6 \text{ cm}^4$$

$$x=y=4.16$$

$$I_x = 2 \left[ 640.6 + 28.13(3.44)^2 \right] = 1947 \text{ cm}^4$$

$$A_t = 2 \times 28.13 = 56.26 \text{ cm}^2$$

$$r_x = r_y = \sqrt{\frac{1947}{56.26}} = 5.88 \text{ cm}$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{1.0 \times 300}{5.88} = 51 \rightarrow \frac{P_{\max}}{A_t} = 1746 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{\max} = 1746 \times 56.26 = 98230 \text{ kg} \approx 98.3 \text{ Ton}$$

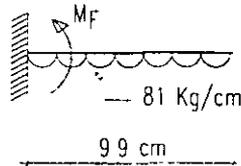
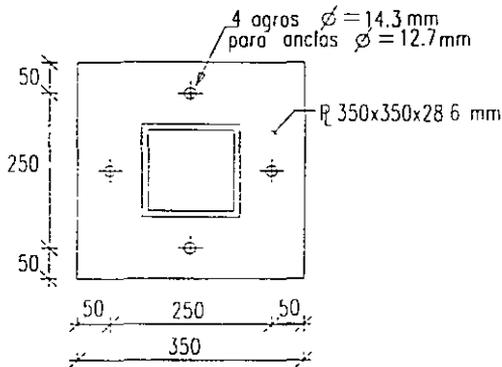
∴ Se diseñará la placa base para resistir una carga axial de 98.3 Ton; considerando el apoyo total en el área de concreto

$$P_p = 0.50 f'_c A_1 = P_{\max}$$

$$A_{\min} = \frac{98300}{100} = 983 \text{ cm}^2$$

$$b = \sqrt{983} = 31.3 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

Con ésta dimensión la placa tendría el arreglo siguiente :



El espesor se encontraría por medio del momento flexionante de la zona en voladizo que quedaría en la placa, que será el siguiente :

$$f_p = \frac{98300}{35 \times 35} = 81 \text{ kg/cm}^2 \text{ (esfuerzo de aplastamiento en el concreto).}$$

$$M_F = \frac{81(9.9)^2}{2} = 3970 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$t = \sqrt{\frac{4 \times 3970}{0.9 \times 2530}} = 2.64 \text{ cm transformando en octavos de pulgadas } N^\circ \frac{2.64}{0.32} = 8.34 \text{ 9}$$

con  $t = 28.6 \text{ mm (1 1/8)"} > 26.4 \text{ mm bien.}$

Quedando una placa de 350 x 350 x 28.6 mm; en éste caso se colocarían 4 anclas  $\phi = 12.7 \text{ mm}$  (anclas mínimas), con el arreglo mostrado, que intenta quitarle rigidez a la base para tener el comportamiento de articulación, (liberar los momentos), en la base de la columna, de acuerdo al tipo de apoyo considerado inicialmente.

**EJEMPLO 6.2 :**

Resolver el problema 6.1 pero con una columna IR - 305 x 59.8. Propiedades de la sección (obtenidas del manual IMCA) :

$A = 76.1 \text{ cm}^2$

$d = 303 \text{ mm}$        $b_f = 203 \text{ mm}$        $r_y = 4.9 \text{ cm}$

$$\left| \frac{KL}{r} \right|_{\min} = \frac{1.0 \times 300}{4.9} = 61 \quad \rightarrow \quad \frac{P_{\max}}{A} = 1576 \text{ kg/cm}^2$$

$P_{\max} = 1576 \times 76.1 = 119934 \text{ kg} \approx 120.0 \text{ Ton}$

$P_p = 0.50 f_c' A_1 = P_u$

$A_{\min} = \frac{120000}{100} = 1200 \text{ cm}^2$

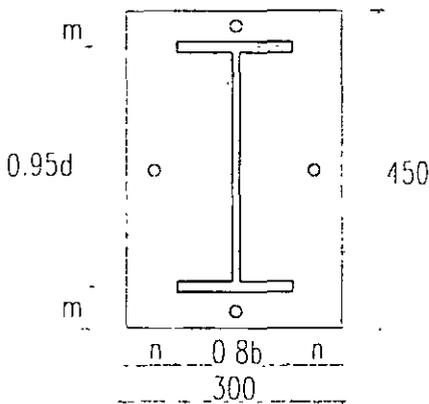
$b = \sqrt{1200} = 34.6 \text{ cm}$

En éste caso, por ser una sección rectangular, conviene que la placa también lo sea, para que la zona en voladizo no se incremente y resulte un espesor mayor, por lo tanto el valor anterior es sólo indicativo; y nos sirve para proponer las dimensiones tentativas, usando en éste caso una sección de 450x300 mm.

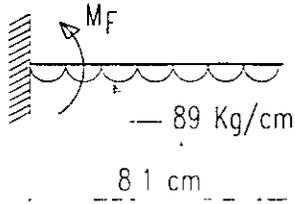
$A = 45 \times 30 = 1350 \text{ cm}^2 > 1200 \text{ cm}^2$  bien.

$P_p = 0.50 \times 200 \times 1350 = 135000 \text{ Kg} = 135 \text{ Ton} > 120 \text{ Ton}$

Quedando la placa base de la forma siguiente :



En este caso, al tratar de encontrar el espesor de la placa se tendría el problema de la longitud que deberá tomarse para el cálculo del momento flexionante, debido a que se trata de una sección abierta; para estos casos, el A.I.S.C. permite sustituir a la sección original, por una equivalente, con dimensiones de 0.95d por 0.8b, la cual ha sido identificada con la zona sombreada en la figura anterior, de esta manera el volado crítico sería :



$$m = \frac{450 - (0.95 \times 303)}{2} = 81 \text{ mm} = 8.1 \text{ cm} \leftarrow \text{Rige}$$

$$n = \frac{300 - (0.8 \times 203)}{2} = 69 \text{ mm} = 6.9 \text{ cm}$$

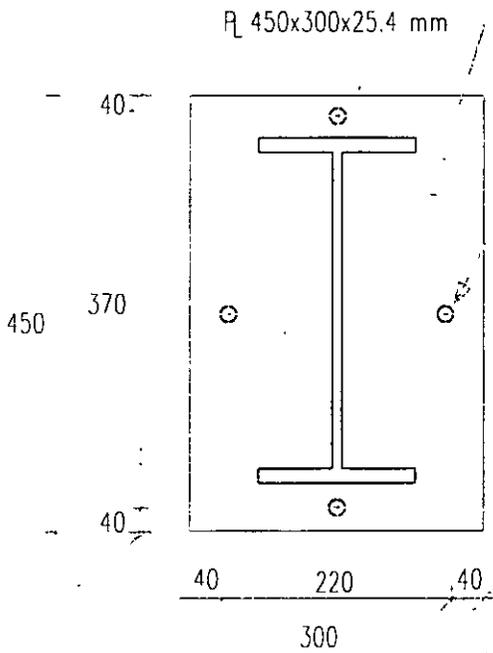
$$f_p = \frac{120000}{1350} = 89 \text{ Kg/cm}^2$$

$$M_F = \frac{89(8.1)^2}{2} = 2920 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$t = \sqrt{\frac{4 \times 2920}{0.9 \times 2530}} = 2.26 \text{ cm en octavos N}^\circ 7.1 \approx 8$$

con  $t = 25.4 \text{ mm (1")} > 22.6 \text{ mm}$

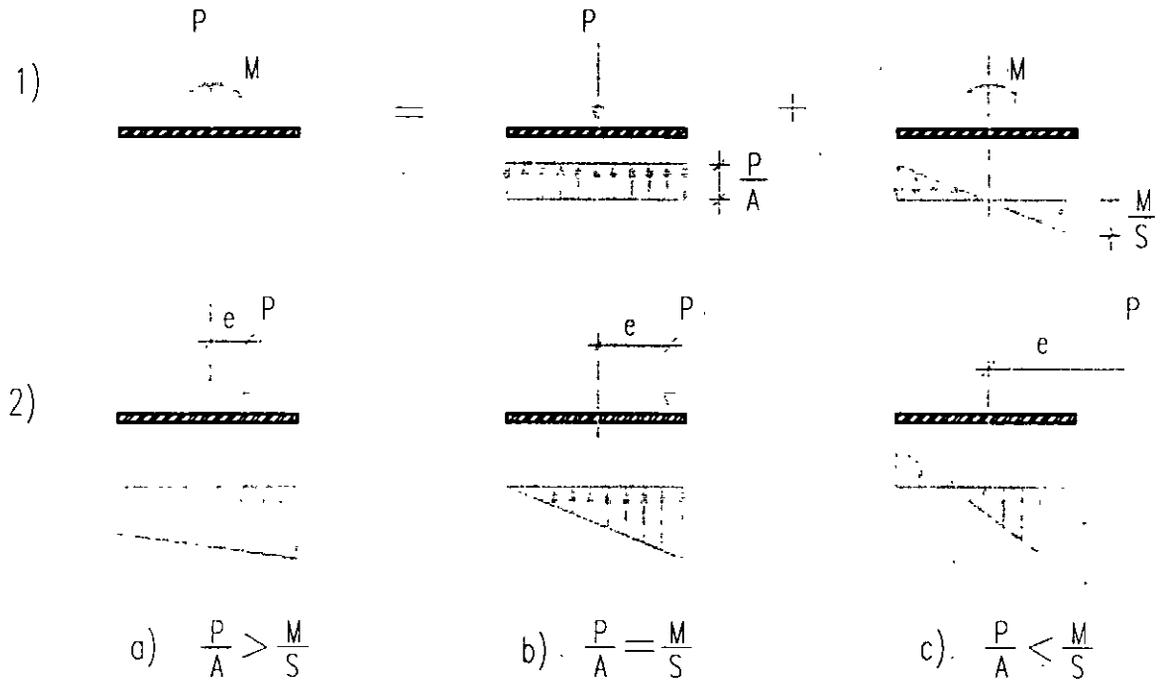
Quedando el arreglo mostrado a continuación :



4 AGROS.  $\varnothing = 14.3$   
PARA ANCLAS  $\varnothing = 12.7$

## 6.2 PLACAS BASE SUJETAS A CARGA AXIAL Y FLEXION.

En estos casos, dependiendo de la magnitud de los elementos mecánicos, se pueden presentar las siguientes combinaciones de esfuerzos bajo la placa base :



En la figura del inciso 1) se han separado los esfuerzos axiales de los que genera la flexión, las cuales al sumarse, pueden dar origen a alguno de los diagramas de esfuerzos marcados en el inciso 2), dependiendo de la magnitud de la carga axial y del momento flexionante, en estos casos, se puede sustituir la carga axial y el momento por la misma carga colocada a una excentricidad  $e=M/P$ . El caso en donde los esfuerzos se igualan (inciso b), es de particular importancia y se analizará con los siguientes pasos :

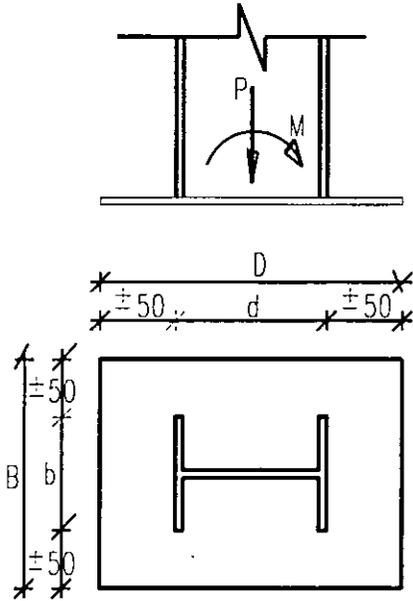
$$\frac{P}{A} = \frac{M}{S} \quad \text{como} \quad M = P \cdot e \quad \text{y} \quad S = \frac{BD^2}{6} \quad A = BD$$

$$\frac{P}{BD} = \frac{6P \cdot e}{BD^2} \quad \therefore \quad e = \frac{D}{6} \quad \text{recuerde que} \quad e = \frac{M}{P}$$

Con éste valor de la excentricidad, se puede inferir el tipo de diagrama de esfuerzos que se tendría bajo la placa, siendo como el inciso a) si  $e < D/6$ , como b) si  $e = D/6$  y como c) si  $e > D/6$ . La aplicación de éstos conceptos será ilustrada en los ejemplos siguientes.

**EJEMPLO 6.3 :**

Determinar la placa base necesaria para la columna siguiente, si el concreto de su dado será de  $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$  y el acero es A-36



$$P_u = 70 \text{ Ton.}$$

$$M_u = 5.0 \text{ T} \cdot \text{m}$$

sección IR - 254 x 32.9 ( $b_f = 146 \text{ mm}$ ;  $d = 258 \text{ mm}$ ).

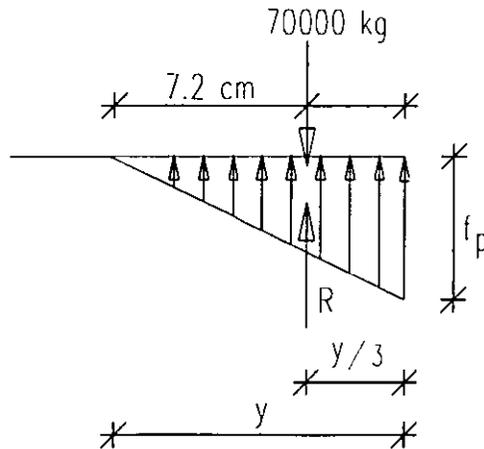
sección de placa mínima :

$$D = 258 + 100 = 358 \approx 360 \text{ mm}$$

$$B = 146 + 100 = 246 \approx 250 \text{ mm}$$

$$e = \frac{500 \text{ T} \cdot \text{cm}}{70 \text{ Ton}} = 7.2 \text{ cm} > \frac{D}{6} = 6 \text{ cm}$$

Diagrama de esfuerzos del tipo c) anterior, suponiendo que la resultante de los esfuerzos de compresión coincide con la carga axial aplicada con la excentricidad calculada, se tendría el diagrama de cuerpo libre siguiente :



En donde :

$$\frac{D}{2} = \frac{36}{2} = 18 \text{ cm}$$

$$\frac{D}{2} - e = 18 - 7.2 = 10.8 \text{ cm} = y/3 \quad \therefore y = 32.4 \text{ cm}$$

Por equilibrio :

$$R = \left| \frac{f_p(y)}{2} \right| B = P$$

$$\left| \frac{32.4 f_p}{2} \right| 25 = 70000 \text{ kg} \quad \therefore f_p = 172.8 \text{ kg/cm}^2 > 125 \text{ kg/cm}^2 \text{ No pasa.}$$

Donde :

$$F_p = 0.5 f'_c = 0.5 \times 250 = 125 \text{ kg/cm}^2$$

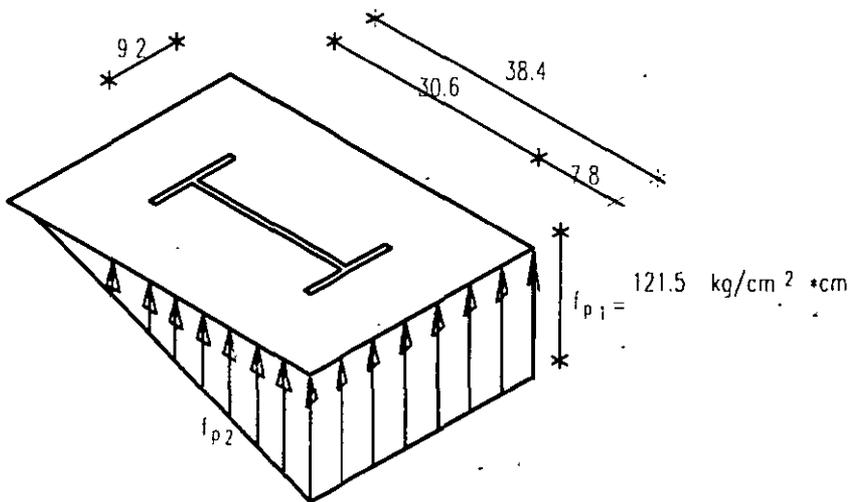
Proponiendo una placa de 400 x 300 mm se tendría :

$$\frac{D}{2} = \frac{40}{2} = 20 \text{ cm}$$

$$\frac{D}{2} - e = 20 - 7.2 = 12.8 \text{ cm} = y/3 \quad \therefore y = 38.4 \text{ cm}$$

$$\left| \frac{38.4 f_p}{2} \right| 30 = 70000 \text{ kg} \quad \therefore f_p = 121.5 \text{ kg/cm}^2 < 125 \text{ kg/cm}^2 \text{ bien}$$

Con esta placa, no se rebasa la capacidad al aplastamiento del concreto, y sería la adecuada, para calcular el espesor se debe considerar la distancia mayor de las siguientes :



$$m = \frac{400 - (0.95 \times 258)}{2} = 77.5 \text{ mm} \approx 7.8 \text{ cm}$$

$$n = \frac{300 - (0.8 \times 146)}{2} = 91.6 \text{ mm} \approx 9.2 \text{ cm} \leftarrow \text{rige}$$

En éste caso como "n" se encuentra en la dirección perpendicular a la de aplicación del momento flexionante, será constante a lo largo de toda la zona en voladizo de la placa; como se puede observar en la figura anterior.

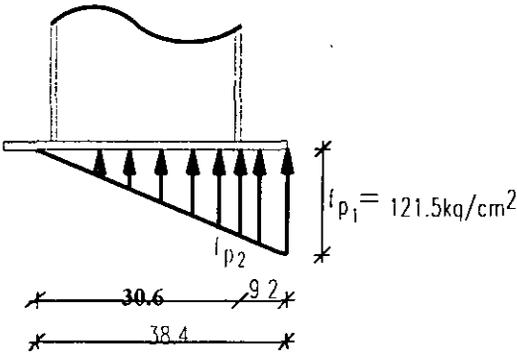
Debido a que tenemos dos casos diferentes para la obtención del momento flexionante, ya que el volado  $n = 9.2$  cm es el mayor, pero su esfuerzo es menor; y por el contrario el volado  $m = 7.8$  cm es el menor pero con un esfuerzo mayor que el volado  $n$ ; se hará el cálculo de ambos casos.

Por lo tanto, el momento flexionante para el cálculo del espesor de la placa será el que resulte mayor de los dos volados.

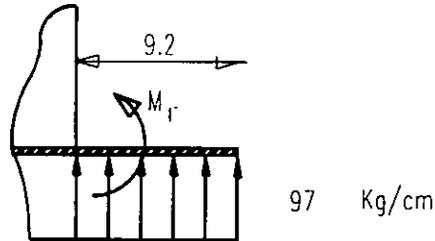
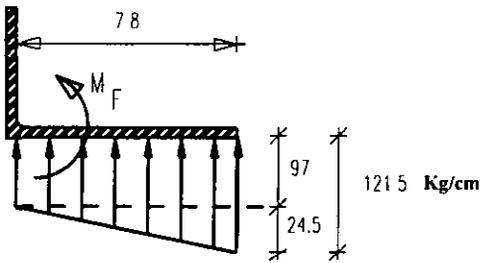
Tenemos por relación de triángulos lo siguiente :

$$\frac{f_{p1}}{y} = \frac{f_{p2}}{y-m} \Rightarrow \frac{121.5}{38.4} = \frac{f_{p2}}{30.6}$$

$$\therefore f_{p2} = \frac{121.5 \times 30.6}{38.4} = 96.8 \approx 97 \text{ kg/cm}^2$$



Se tendrán los siguientes diagramas :



En este caso para la obtención del momento flexionante se pueden dividir las presiones actuantes en el concreto en dos, un diagrama de carga uniforme y otro triangular, quedando el momento flexionante como se muestra a continuación :

$$M_{F1} = \frac{97 \times 7.8^2}{2} = 2951 \text{ kg} \cdot \text{cm.}$$

$$M_{F2} = \frac{7.8 \times 24.5}{2} \left| \frac{2}{3} \times 7.8 \right| = 497 \text{ kg} \cdot \text{cm.}$$

$$M_F = M_{F1} + M_{F2} = 3448 \text{ kg} \cdot \text{cm.}$$

Por otro lado

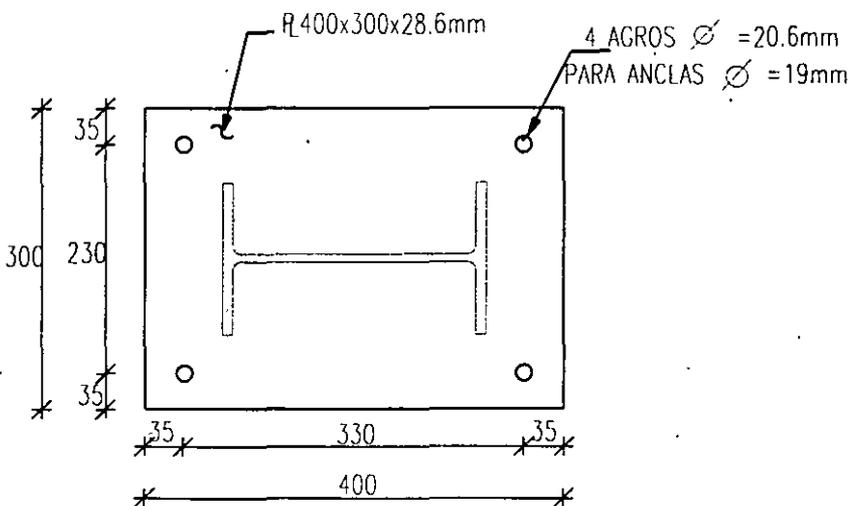
$$M_F = \frac{97 \times 9.2^2}{2} = 4105 \text{ kg} \cdot \text{cm. (rige)}$$

El espesor para este volado es:

$$t = \sqrt{\frac{4 \times 4105}{0.9 \times 2530}} = 2.69 \text{ cm en octavos } N^\circ = 8.4 \approx 9 \text{ octavos}$$

Placa de 28.6 mm (1 1/8").

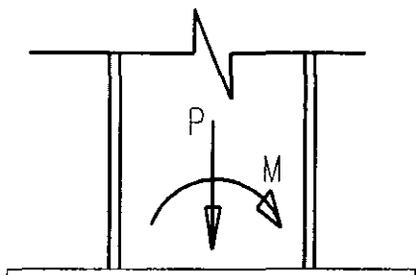
Con placa de 28.6 mm (1 1/8") se cumple; debido a que el concreto soporta los efectos de la flexión y la carga axial por completo, no se diseñan las anclas, pero es recomendable que sean por lo menos de la mitad del espesor de la placa, quedando el resultado final :



Observese que la disposición de las anclas intenta restringir el giro de la placa, para darle capacidad de absorber momentos, contrario a los arreglos propuestos en los ejemplos anteriores..

### EJEMPLO 6.4 :

Determinar la placa base necesaria para la columna siguiente, si el concreto de su dado será de  $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ .



$$P_u = 50 \text{ Ton}$$

$$M_u = 8.5 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

sección IR-254x32.9 ( $b_f=146$ ,  $d=258$ )

$$e = \frac{M}{P} = \frac{850}{50} = 17.0 \text{ cm}$$

Proponiendo una sección para la placa de 40 x 30 cm como en el caso anterior :

$$\frac{D}{6} = \frac{40}{6} = 6.7 \text{ cm} < 17.0 \text{ cm} \quad \text{Diagrama inciso c).}$$

$$\frac{y}{3} = 20 - 17.0 = 3.0 \text{ cm} \quad \therefore \quad y = 3 \times 3.0 = 9.0 \text{ cm}$$

Obsérvese que en este caso se tiene un valor de "y" muy pequeño, indicando con ésto que la zona trabajando al aplastamiento del concreto es muy reducida y por tanto su esfuerzo se ve incrementado, como se puede calcular aquí :

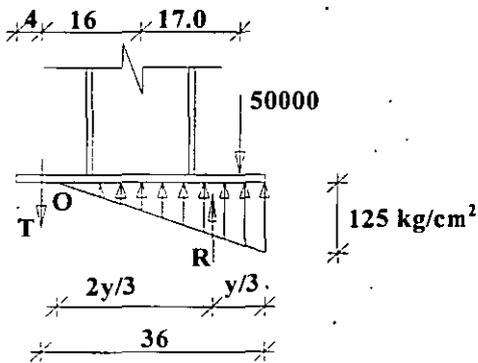
$$R = \frac{f_p(9.0)}{2} \times 30 = 50000 \text{ Kg}$$

$$f_p = \frac{50000 \times 2}{30 \times 9.0} = 370 \text{ kg/cm}^2 < 125 \text{ kg/cm}^2$$

Donde :

$$F_p = 0.50 f'_c = 0.50 \times 250 = 125 \text{ kg/cm}^2$$

Para poder incrementar la zona a compresión en la placa, será necesario colocar anclas que disminuyan los efectos del momento flexionante, (la alternativa de aumentar el tamaño de la placa, incrementaría también su espesor, y resultaría menos económica) analizando el diagrama de cuerpo libre siguiente:



Del equilibrio de fuerzas verticales :

$$R = 50000 + T$$

$$R = \frac{(125)y}{2} \times 30 = 1875y$$

Del equilibrio de momentos, tomando el punto "0" como origen (para eliminar a la incógnita "T" de la ecuación).

$$\sum M_o = (50000)(33.0) - R\left|36 - \frac{y}{3}\right| = 0$$

$$1650000 - 1875y\left|36 - \frac{y}{3}\right| = 0$$

$$1650000 - 67500y + 625y^2 = 0$$

$$y^2 - 108y + 2640 = 0$$

$$y_1 = 70.6 \text{ cm}$$

$$y = \frac{108 \pm \sqrt{11664 - 10560}}{2}$$

$$y_2 = 37.4 \text{ cm} \leftarrow \text{Dentro del rango de la placa}$$

Obsérvese que las anclas hacen que trabaje una proporción mayor de la placa, (sin anclas, sólo trabajaban 9.0 cm en lugar de 37.4 cm).

$$\text{Si } y = 37.4 \text{ cm}$$

$$R = 1875 \times 37.4 = 70125 \text{ kg}$$

$$T = 70125 - 50000 = 20125 \text{ kg}$$

como :  $F_t = F_R [0.75 F_u]$  (barras roscadas)

$$F_t = [0.75 \times 4080]0.75 = 2295 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{\min} = \frac{20125}{2295} = 8.8 \text{ cm}^2$$

$$\text{colocando 3 anclas } A_t = \frac{8.8}{3} = 2.93 \text{ cm}^2$$

con anclas  $\phi = 19.1 \text{ mm}$  (3/4")  $A = 2.85 \text{ cm}^2 \approx 2.93 \text{ cm}^2$  Bien  
Distancia mínima al borde para anclas  $\phi = 19.1 \text{ mm}$  (de acuerdo a la tabla 5.3.7)

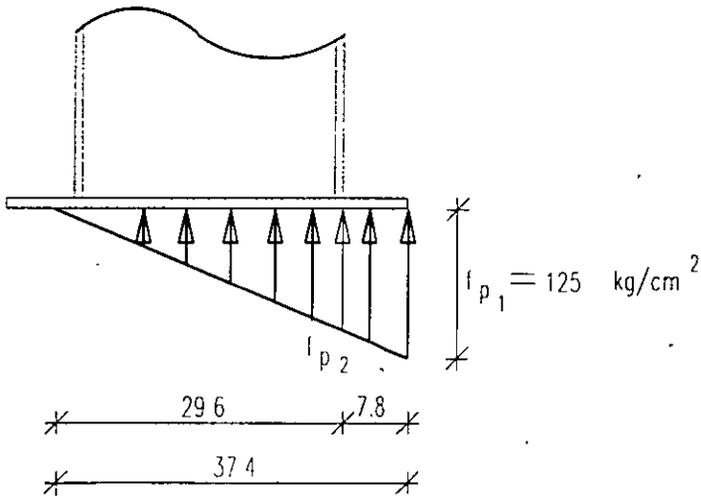
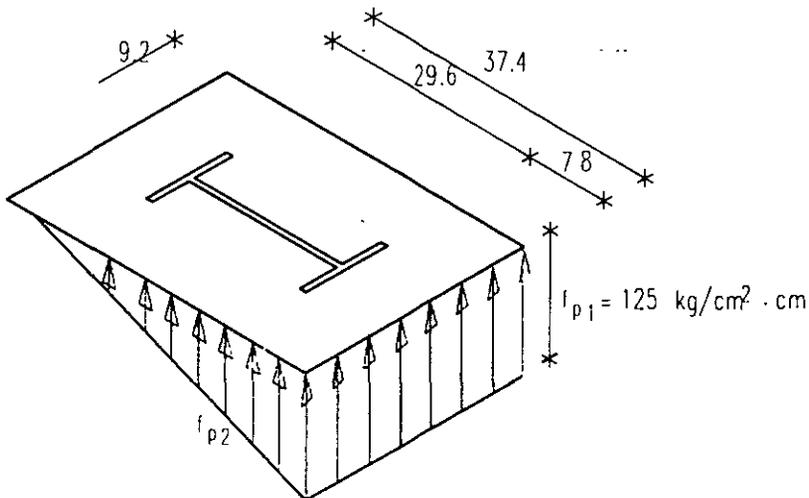
$$d_{\min} = 31.8 \text{ mm} < 40 \text{ mm} \quad \text{Bien}$$

Separación mínima entre anclas  $3\phi = 3 \times 19.1 = 57.3 \approx 60 \text{ mm}$

$$\text{Separación con el ancho de } 300 \text{ mm} \quad \text{sep} = \frac{300 - 2(40)}{2} = 110 > 60 \quad \text{Bien.}$$

Se dejarán entonces 3 anclas  $\phi = 19.1 \text{ mm}$ .

Se efectuará el cálculo del espesor con el momento flexionante mayor que se presente en cualquiera de los dos volados.

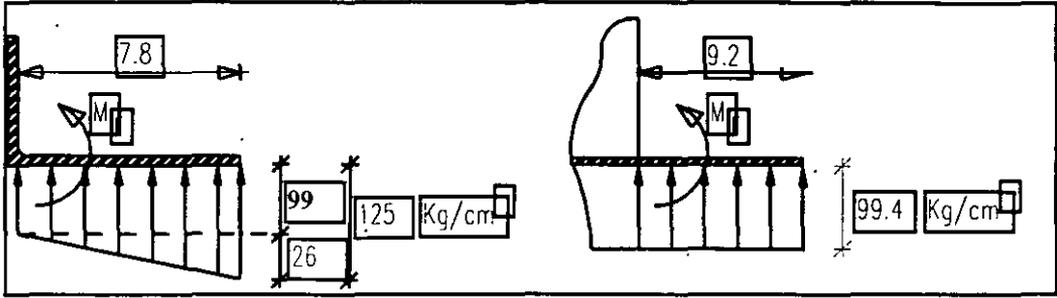


Por relación de triángulos :

$$\frac{f_{p1}}{37.4} = \frac{f_{p2}}{29.6} \quad \therefore \frac{125}{37.4} = \frac{f_{p2}}{29.6}$$

$$f_{p2} = \frac{125 \times 29.6}{37.4} = 99 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{cm}$$

Tenemos los diagramas de esfuerzos siguientes :



$$M_{F1} = \frac{99(7.8)^2}{2} = 3012 \text{ kg} \cdot \text{cm}.$$

$$M_F = \frac{99(9.2)^2}{2} = 4190 \text{ kg} \cdot \text{cm.} \quad \leftarrow \text{Rige.}$$

$$M_{F2} = \frac{26(7.8)^2}{3} = 527 \text{ kg} \cdot \text{cm}.$$

$$\therefore t = \sqrt{\frac{4 \times 4190}{0.9 \times 2530}} = 2.71 \text{ cm}.$$

$$M_F = 3539 \text{ kg} \cdot \text{cm}.$$

Placa de 28.6 mm (1 1/8").

Se colocará placa de 28.6 mm (1 1/8") que cumple con lo anterior, por lo tanto la placa base será de 400 x 300 x 28.6 mm; la longitud del ancla se puede calcular con la expresión (extraída de las Normas Técnicas Complementarias de Concreto, Capítulo 3 inciso 3.1.1c.).

$$L_{db} = 0.06 \frac{a_s f_y}{\sqrt{f_c}} \geq 0.006 d_b f_y \text{ (longitud de desarrollo básica)}$$

$$(L_d)_{\min} = 30 \text{ cm} \quad L_d = 1.0(L_{db}) \text{ (para anclas en concreto normal)}$$

Para barras lisas  $L_t = 2 L_d$ , la longitud del gancho será igual a  $12 d_b$  (donde  $d_b$  es el diámetro del ancla); quedando en este caso :

$$L_{db} = 0.06 \frac{2.85 \times 2530}{\sqrt{250}} = 27.4 \text{ cm} \quad \text{Toma } L_{db} = 30 \text{ cm}$$

$$0.006 \times 1.91 \times 2530 = 29 \text{ cm}$$

$$L_t = 30 \times 2 = 60 \text{ cm} \text{ (longitud mínima de anclaje)}$$

Para el gancho se tendría :

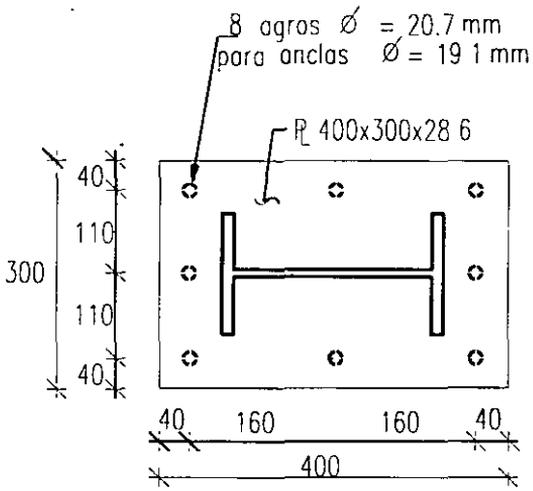
$$L_G = 12 \times 1.91 = 22.9 \approx 25 \text{ cm} \text{ (gancho mínimo)}$$

Diámetro de dobléz =  $6 d_b$  (si  $d_b \leq 25.4 \text{ mm}$ )

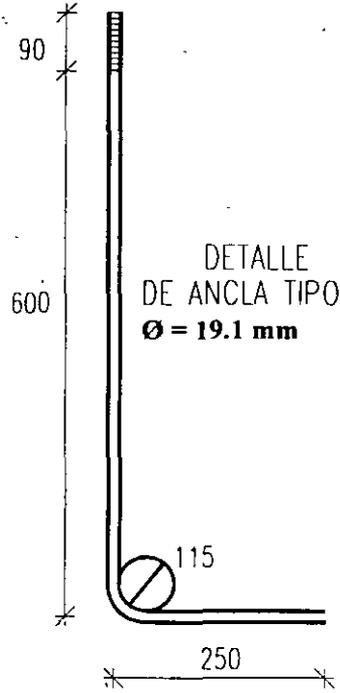
Diámetro de dobléz =  $6 \times 1.91 = 11.5 \text{ cm}$

Zona roscada =  $28.6 \times 3 = 85.8 \approx 90 \text{ mm}$  (mínimo).

Quedando finalmente el detalle de la placa :

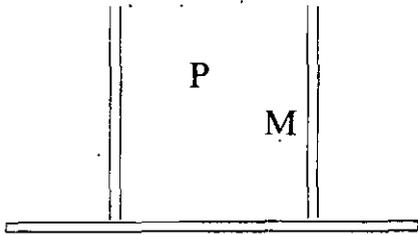


PLANTA DE LA  
 PLACA BASE



**EJEMPLO 6.5 :**

Determinar la placa base necesaria para la columna siguiente, si el concreto de su dado es de  $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ .



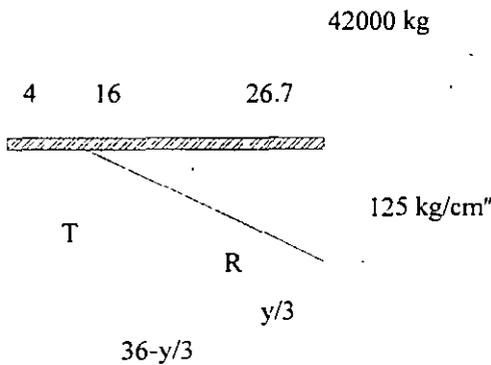
$$P_u = 42 \text{ Ton.}$$

$$M_u = 11.2 \text{ T.m}$$

Sección IR-254 x 32.9 ( $b_f=146\text{mm}$ ;  $d=258\text{mm}$ )

$$e = \frac{M}{P} = \frac{1120}{42} = 26.7 \text{ cm.}$$

Del diagrama de cuerpo libre Proponiendo una placa de 40 x 30 cm.



$$R = \frac{(125)y}{2} \times 30 = 1875y$$

$$\sum M_o = (42000 \times 42.7) - 1875y \left| 36 - \frac{y}{3} \right| = 0$$

$$1793400 - 67500y + 625y^2 = 0$$

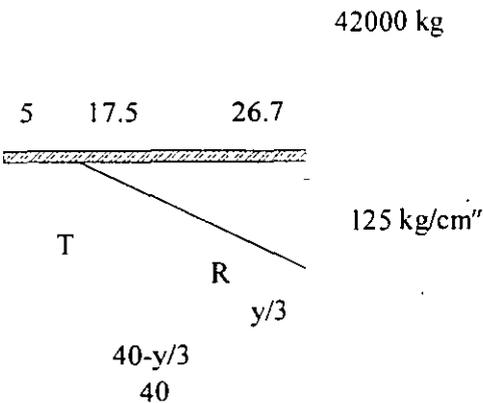
$$y^2 - 108y + 2869 = 0$$

$$y = \frac{108 \pm \sqrt{11664 - 11476}}{2} = \frac{108 \pm \sqrt{188}}{2}$$

$$Y_1 = 148 \text{ cm}$$

$$Y_2 = -40 \text{ cm}$$

Ninguno de los valores tiene significado fisico  
Cambiando a una placa de 45 x 35 cm.



$$R = \frac{(125)y}{2} \times 35 = 2187.5y$$

$$\sum M_o = (42000 \times 44.2) - 2187.5y(40 - y/3) = 0$$

$$1856400 - 87500y + 729.17y^2 = 0$$

$$y^2 - 120y + 2546 = 0$$

$$y = \frac{120 \pm \sqrt{14400 - 10184}}{2}$$

$$y_1 = 92.5 \text{ cm}$$

$$y_2 = 27.5 \text{ cm}$$

Con  $y = 27.5$  cm :

$$R = 2187.5 \times 27.5 = 60156 \text{ kg.}$$

$$T = 60156 - 42000 = 18156 \text{ kg.}$$

$F_t = F_R \times 0.75 F_u = 0.75 \times 0.75 \times 4080 = 2295 \text{ kg/cm}^2$  (tensión permisible en elementos roscados)

$$A_s = \frac{18156}{2295} = 7.91 \text{ cm}^2 \text{ con 3 anclas.}$$

$$a_i = \frac{7.91}{3} = 2.64 \text{ cm}^2 \text{ con } \varnothing = 19.1 \text{ mm} \quad A_s = 2.85 \text{ cm}^2 > 2.64 \text{ cm}^2. \text{ Bien}$$

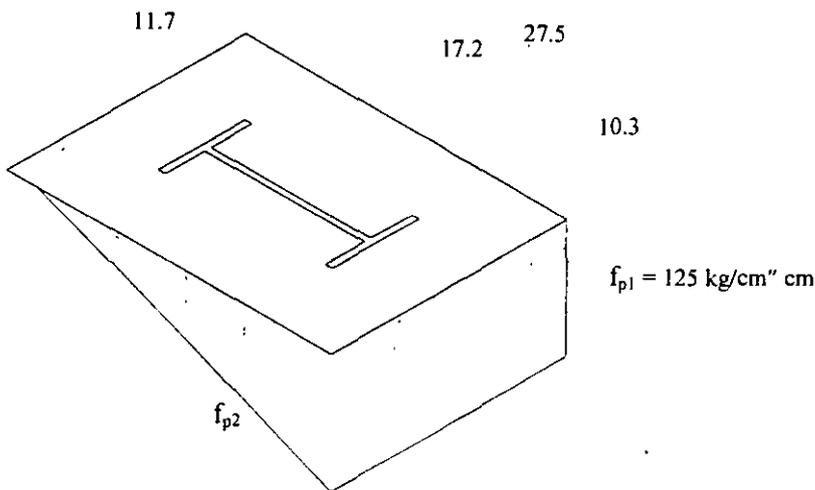
Se colocarán 3 anclas  $\varnothing = 19.1$  mm

Distancia mínima al borde =  $31.8 \text{ mm} \approx 32 < 50$  (propuesta) bien

Sep. mínima de anclas =  $3\varnothing = 3 \times 19.1 = 57.3 \text{ mm} \approx 60 \text{ mm}$

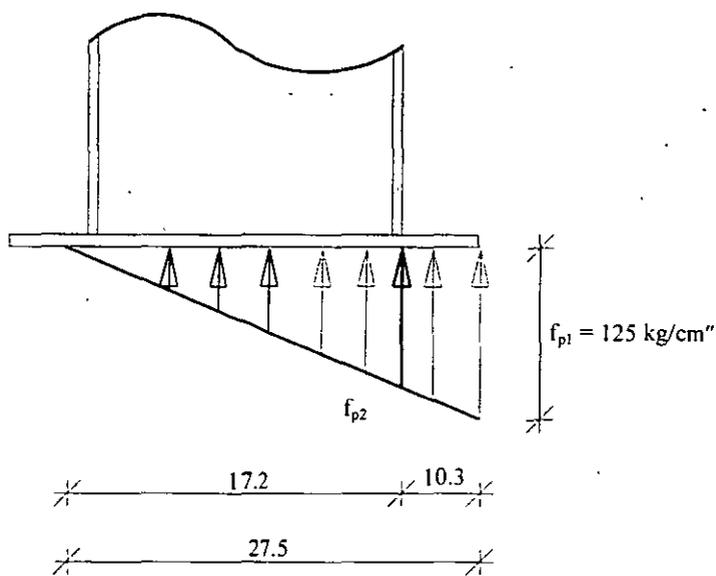
Sep. con el ancho de 350 mm =  $\frac{350 - 2(50)}{2} = 125 \text{ mm} > 60 \text{ mm}$  bien.

Cálculo del espesor de la placa :



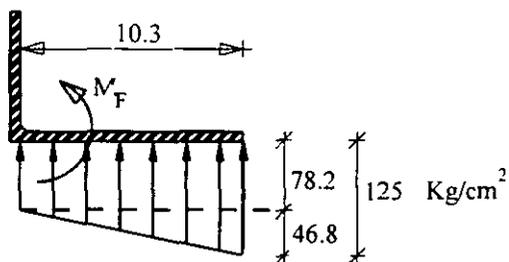
$$m = \frac{45.0 - (0.95 \times 25.8)}{2} = 10.3 \text{ cm}$$

$$n = \frac{35.0 - (0.8 \times 14.6)}{2} = 11.7 \text{ cm}$$



$$\frac{f_{p1}}{27.5} = \frac{f_{p2}}{17.2}$$

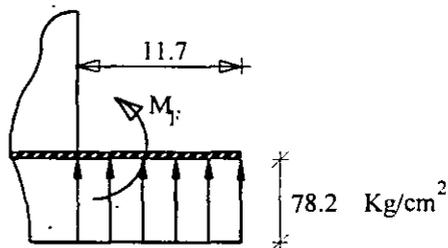
$$f_{p2} = \frac{125}{27.5} \times 17.2 = 78.2 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{cm.}$$



$$M_F = \frac{78.2(10.3)^2}{2} + \frac{46.8(10.3)^2}{3}$$

$$M_F = 5803 \text{ kg} \cdot \text{cm.} \quad \leftarrow \text{Rige.}$$

$$t = \sqrt{\frac{4 \times 5803}{0.9 \times 2530}} = 3.2 \text{ cm.}$$



$$M_F = \frac{78.2(11.7)^2}{2}$$

$$M_F = 5352 \text{ kg} \cdot \text{cm.}$$

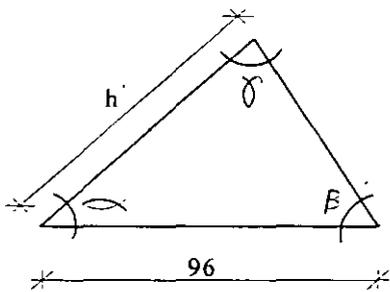
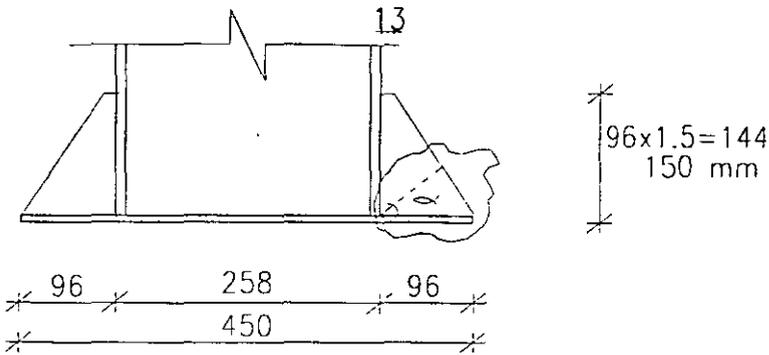
Se requiere placa de 31.8 mm (1 1/4"), pero por ser demasiado gruesa se reducirá usando atiesadores que impidan la flexión.

Proponiendo una placa base de :

$$t = \frac{T}{2} = \frac{31.8}{2} \approx 15.9 \text{ mm}$$

y atiesadores (2 por lado) de :

$$t' = \frac{t}{2} = \frac{15.9}{2} = 7.9 \text{ mm}$$



Altura efectiva  
h

Considerando  $\alpha = 50^\circ$  (resultado de ensayos de placas).

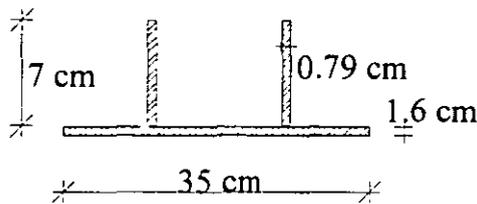
$$\beta = \text{tg}^{-1} \frac{150}{(96 - 13)} = 61^\circ$$

$$\gamma = 180 - (61 + 50) = 69^\circ$$

Y por la ley de los senos :

$$\frac{h'}{\text{Sen } \beta} = \frac{96}{\text{Sen } \gamma} \quad \therefore \quad h' = 96 \frac{\text{Sen } \beta}{\text{Sen } \gamma} = 96 \frac{\text{Sen } 61^\circ}{\text{Sen } 69^\circ} = 90 \text{ mm.}$$

Y la altura efectiva sería  $h = 90 \text{ Sen } \alpha = 69 \text{ mm} \approx 7 \text{ cm}$ . quedando entonces la sección a revisar por momento flexionante de la manera siguiente :



Cálculo del eje centroidal :

$$Y = \frac{(1.6 \times 35)0.8 + (7 \times 0.79)2 \times 5.1}{(1.6 \times 35) + (7 \times 0.79)2} = \frac{101.2}{67.6} = 1.51 \text{ cm.}$$

$$\text{Inercia centroidal de atiesadores } I_x = \frac{0.79(7)^3}{12} = 22.6 \text{ cm}^4$$

$$Ad^2 \text{ de atiesadores } Ad^2 = (7 \times 0.79)(3.59)^2 = 71.3 \text{ cm}^4 \text{ (c/u)}$$

Inercia centroidal de placa base  $I_x = \frac{35(1.6)^3}{12} = 12 \text{ cm}^4$

$Ad^2$  de la placa base  $Ad^2 = (1.6 \times 35)(0.71)^2 = 28.2 \text{ cm}^4$

Inercia total de la placa (en el sentido X):

$$I_x = 40.2 + (2 \times 93.9) = 228 \text{ cm}^4$$

Distancia a la fibra donde se desean los esfuerzos (a la placa base):

$C_x = 1.51 \text{ cm}$   $S_x = \frac{228}{1.51} = 151 \text{ cm}^3$

Esfuerzo en esa sección:

$$M_{\max} = M_{(\text{unitario})} \times \text{ancho (ver cálculo del espesor)}$$

$$M_{\max} = 5803 \times 35 = 203105 \text{ kg} \cdot \text{cm}.$$

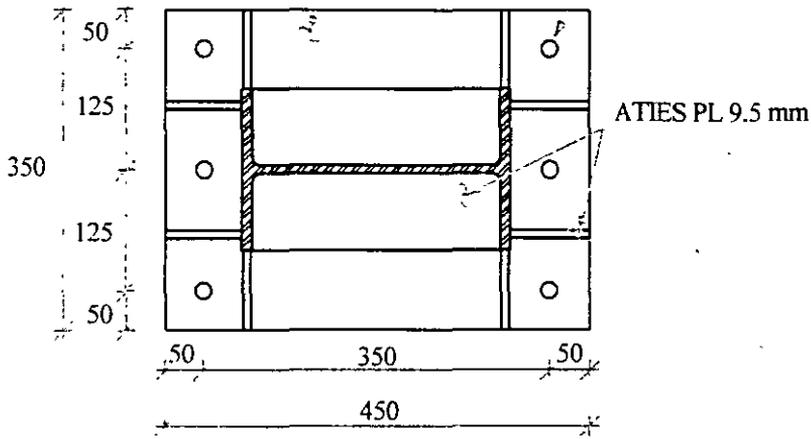
$$f_b = \frac{203105}{151} = 1345 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_b = 0.9F_y = 0.9 \times 2530 = 2277 \text{ kg/cm}^2 > 1345 \text{ kg/cm}^2$$

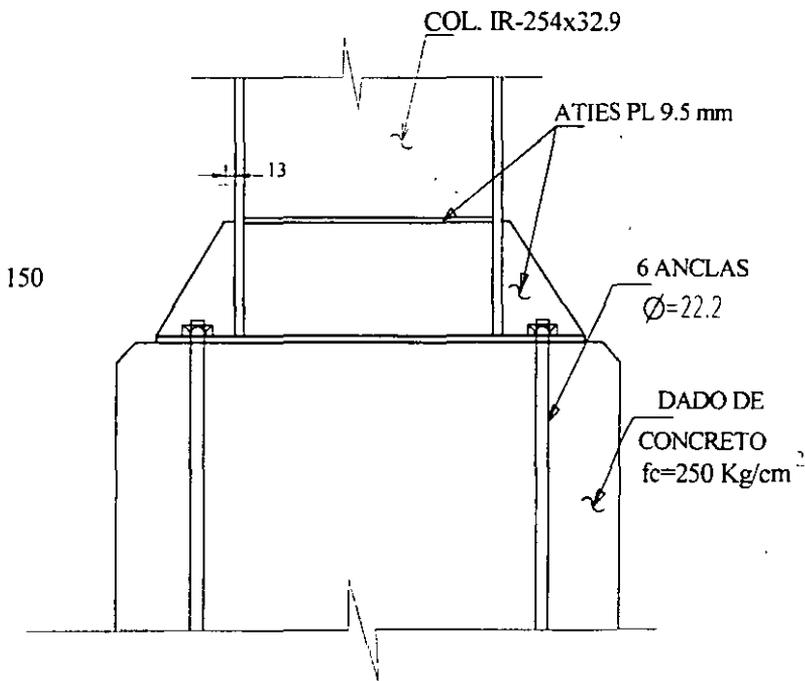
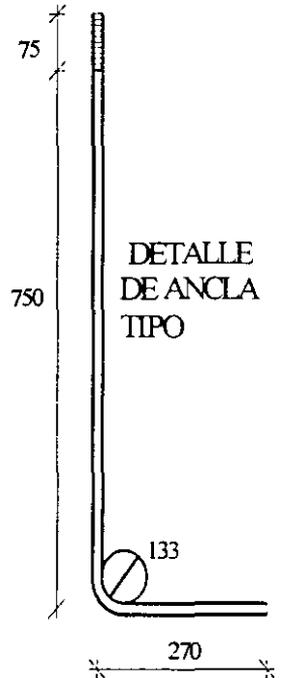
Por lo tanto nuestro arreglo es correcto, ya que el esfuerzo que resiste la placa es mayor que el actuante. El cálculo de la longitud de anclaje y detallado de las anclas, debido a que resultarán del mismo diámetro a las del problema anterior, sería el mismo, y por lo tanto el detalle de la placa sería el siguiente:

PL 450x350x19mm

6 AGROS  $\varnothing = 23.8\text{mm}$   
Para anclas  $\varnothing = 22\text{mm}$

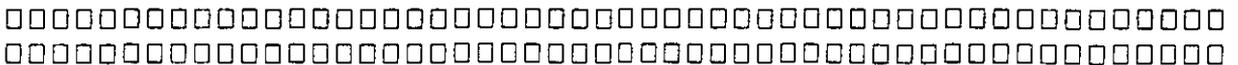


Planta



ELEVACION

DETALLE DE PLACA BASE



## **7. CONEXIONES**

En los capítulos anteriores se ha estudiado la manera de diseñar a los distintos elementos de una estructura de manera aislada, sin embargo, para que estos elementos cumplan con su función, es necesario que sean unidos de manera adecuada. Por otro lado, si un elemento es de dimensiones tan grandes que impidan su transporte en una sola pieza, se debe transportar en varias secciones, diseñando los empalmes de campo necesarios, estos empalmes deben ser el menor número posible para no encarecer a la estructura, ya que las conexiones efectuadas en campo resultarán más costosas.

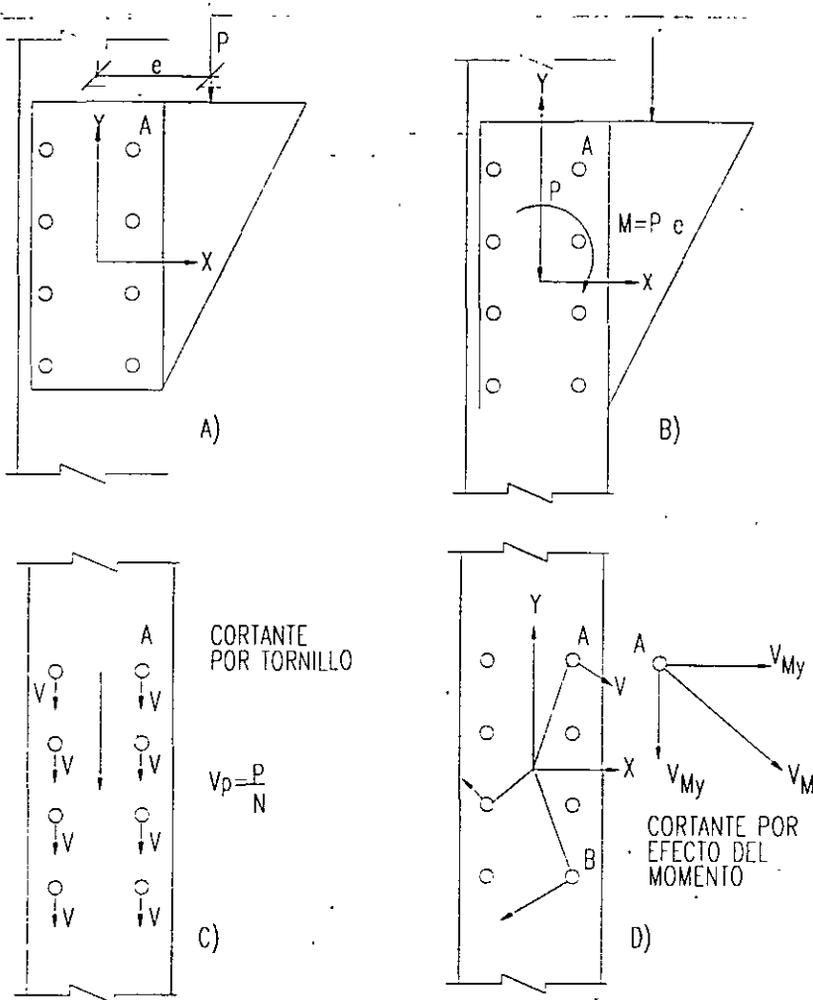
En éste capítulo se estudiarán las conexiones efectuadas con tornillos y soldadura, por ser éstos los más usados en la actualidad, de hecho, muchas veces se usan de manera combinada, con una fabricación en taller por medio de soldadura y usando tornillos de alta resistencia en las conexiones de campo, de ésta manera se aprovechan las ventajas de ambos, ya que la soldadura se realiza en taller, bajo condiciones controladas, lo cual proporciona soldaduras de buena calidad, a un costo económico. Los tornillos de alta resistencia dan la ventaja de un ensamble rápido en campo.

### **7.1.- CONEXIONES ATORNILLADAS.**

Las características principales de los tornillos y el diseño de conexiones a cortante simple se vió en el Capítulo 2(Diseño de miembros a tensión), por lo tanto, se tratarán aquí sólo las conexiones atornilladas sujetas a carga excéntrica.

#### **7.1.a).- Tornillos sujetos sólo a fuerza cortante.**

Cuando la excentricidad de la carga sólo genera fuerzas de cortante en los tornillos, sin variar su tensión inicial, se hace la hipótesis de sustituir la carga excéntrica por una fuerza y un momento equivalente, actuando en el centroide del grupo de tornillos, de ésta forma el problema consiste solamente en determinar la fuerza cortante resultante máxima en el tornillo más crítico, el cual se puede localizar fácilmente, por simple observación, la figura siguiente nos auxiliará a comprender el procedimiento anterior.



En la figura a) se muestra un arreglo de 8 tornillos que conectan a una placa que sirve como ménsula para soportar una carga "P" con una excentricidad "e", con respecto al centroide del arreglo de tornillos propuesto, éste sistema se puede sustituir por una carga "P" y un momento  $M = Pe$  aplicados en el centroide del arreglo, como se observa en la figura b).

De ésta forma podemos separar los efectos de la fuerza cortante en cada tornillo, para la carga "P", en los efectos de un cortante directo,  $V_p = \frac{P}{N}$ , siendo "N" el número de tornillos, y los del momento torsionante, este efecto es mayor en los tornillos más alejados del centroide; de ellos los tornillos en las posiciones A y B suman sus efectos con el producido por la carga "P" y serian los más críticos en éste caso. Las componentes " $V_{Mx}$ " y " $V_{My}$ ", se pueden calcular con las expresiones :

$$V_{Mx} = \frac{Mx}{\sum r_i^2} \quad \text{y} \quad V_{My} = \frac{My}{\sum r_i^2}$$

En donde :

"y" y "x" son las coordenadas del tornillo más crítico.

$\sum r_i^2$  sumatoria de las distancias de cada tornillo al centroide, elevadas al cuadrado, las cuales se pueden poner en función de sus coordenadas, quedando :

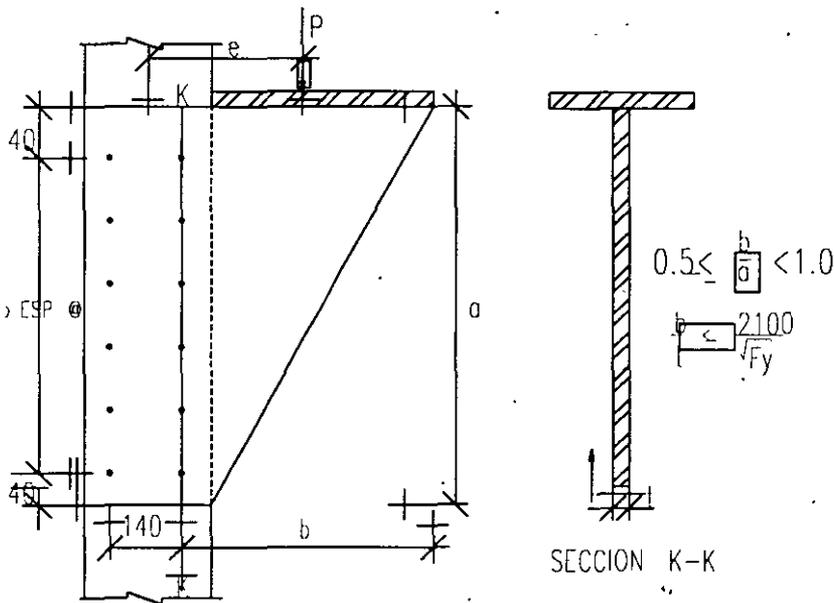
$$\Sigma r_i^2 = \Sigma x_i^2 + \Sigma y_i^2$$

A las componentes " $V_{MX}$ " y " $V_{MY}$ ", se les sumará el efecto del cortante directo producido por "P", pudiéndose determinar finalmente la fuerza cortante actuante en el tornillo crítico por medio de la expresión :

$$R = \sqrt{V_{Mx}^2 + (V_{My} + V_p)^2}$$

Y se selecciona el tornillo que cubra ésta resistencia, ya que para el análisis sólo se requiere proponer el arreglo de tornillos, y no su diámetro. En caso de que "P" se aplique con alguna inclinación, se descompone en sus proyecciones " $V_{px}$ " y " $V_{py}$ ", sumándose a sus componentes respectivas para calcular la resultante descrita anteriormente.

Para el cálculo de la placa se debe considerar el momento flexionante en el eje Z-Z (primera línea de tornillos), y comprobar que los esfuerzos no rebasen los permisibles de  $0.6F_y$  en el área total y  $0.5F_u$  en el área neta, adicionalmente se deben cumplir los límites siguientes en sus dimensiones "a", "b" y "t".



### EJEMPLO 7.1.

Calcular la placa y tornillos (A-325, con la cuerda dentro de la zona de corte), necesarios para la ménsula de la figura anterior, si  $P=15$  Ton. y  $e=30$  cm, las separaciones de los tornillos se dan en la figura y son los típicos para éste tipo de conexiones, tomar  $b=35$  cm.

Elementos mecánicos aplicados en el centroide del arreglo de tornillos :

$$P = 15000 \text{ kg.}$$

$$M = P \cdot e = 15000 \times 30 = 450000 \text{ kg.cm}$$

$$N = 12 \text{ (número de tornillos)}$$

Cortante directo por tornillo :

$$V_p = \frac{15000}{12} = 1250 \text{ kg.}$$

Cálculo de :

$$\Sigma r_i^2 = \Sigma x_i^2 + \Sigma y_i^2$$

$$\Sigma x_i^2 = 12(7)^2 = 588 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma y_i^2 = 4[(20)^2 + (12)^2 + (4)^2] = 2240 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma r_i^2 = 588 + 2240 = 2828 \text{ cm}^2$$

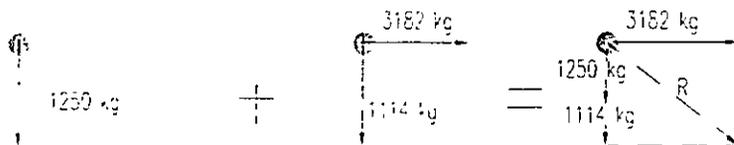
Componente en "x" del cortante generado por el momento :

$$V_{Mx} = \frac{My}{\Sigma r_i^2} = \frac{450000 \times 20}{2828} = 3182 \text{ kg}$$

Componente en "y" del cortante generado por el momento :

$$V_{My} = \frac{Mx}{\Sigma r_i^2} = \frac{450000 \times 7}{2828} = 1114 \text{ kg}$$

En donde  $x = 20$  cm,  $y = 7$  cm. son las coordenadas del tornillo más esforzado, (superior derecho) del arreglo, graficamente estos resultados se verían de la siguiente manera :



De tal suerte que la resultante, que es la fuerza actuante en el tornillo más crítico, se calcularía como sigue :

$$R = \sqrt{(3182)^2 + (1250 + 1114)^2} = 3964 \text{ kg}$$

Si queremos calcular el área que deberá tener el tornillo, para resistir ésta fuerza, deberemos dividirla entre el esfuerzo permisible del material, en éste caso  $F_v = 1480 \text{ kg/cm}^2$  (para tornillos A-325 trabajando al aplastamiento con la cuerda dentro del plano de corte), quedando :

$$A_{req} = \frac{3964}{1480} = 2.68 \text{ cm}^2$$

El tornillo de :

$$\phi = 19.0 \text{ (3/4") } A = 2.85 \text{ cm}^2 > 2.68 \text{ cm}^2 \text{ bien.}$$

Se colocarán 12 tornillos  $\phi = 19.0 \text{ mm}$  en la conexión.

-Cálculo del espesor de la placa :

Momento en la sección crítica (primera línea de tornillos).

$$M = P (e-7) \quad M = 15000 (30-7.0) = 345000 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

Esfuerzos permisibles a flexión en la placa.

$$F_b = 0.6 F_y = 0.6 \times 2530 = 1520 \text{ kg/cm}^2 \text{ (en el área total)}$$

$$F_b = 0.5 F_u = 0.5 \times 4080 = 2040 \text{ kg/cm}^2 \text{ (en el área neta)}$$

Por lo tanto, los módulos de sección necesarios para cumplir con éstos esfuerzos, serían :

$$S = \frac{345000}{1520} = 227 \text{ cm}^3 \text{ (en el área total)}$$

$$S = \frac{345000}{2040} = 169 \text{ cm}^3 \text{ (en el área neta)}$$

$$\text{Para el área total } I = \frac{th}{12} S = \frac{I}{c} = \frac{\frac{th}{12}}{\frac{h}{2}} = \frac{2th^3}{12h} = \frac{th^2}{6} \text{ como } h = 40 + 2(4) = 48 \text{ cm.}$$

$$t = \frac{227 \times 6}{(48)^2} = 0.59 \text{ cm}$$

Con  $t = 6.3 \text{ mm (1/4")}$ , se cubre éste requisito, verificando las relaciones de aspecto de la placa

$$\frac{b}{a} = \frac{350}{480} = 0.73 \quad 0.5 < 0.73 < 1.0 \text{ Bien.}$$

$$\frac{b}{t} = \frac{350}{6.3} = 55.6 > 41.8 \left| \frac{2100}{\sqrt{F_y}} \right| \text{ No cumple}$$

$$\text{Haciendo } \frac{b}{t} = 41.8 \quad \text{y} \quad b = 350 \text{ mm} \quad t = \frac{350}{41.8} = 8.4 \text{ mm}$$

Lo cual se cubre con placa de 9.5 mm (3/8")

Revisión de la sección neta, en éste caso se consideran los agujeros 3.2 mm mayores al tamaño de los tornillos, quedando :

$$\phi = 19.05 + 3.2 = 22.2 \text{ mm}$$

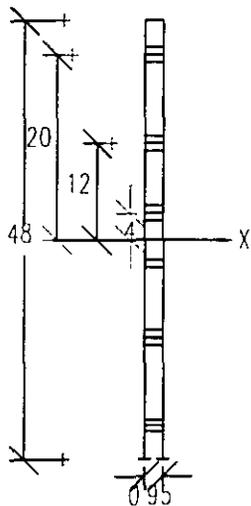
Y el área del agujero sería :

$$A_{\text{agro}} = 2.22 \times 0.95 = 2.1 \text{ cm}^2$$

Y sus distancias al eje neutro serían :

$$d_1 = 4 \text{ cm} \quad d_2 = 12 \text{ cm} \quad d_3 = 20 \text{ cm}$$

Calculando el módulo de sección del área neta :



Momento de inercia de la sección total:

$$I_x = \frac{0.95(48)^3}{12} = 8755 \text{ cm}^4$$

Momento de inercia de los agujeros ( $Ad^2$ )

$$I_{x(-)} = 2 \left| 2.1(4^2 + 12^2 + 20^2) \right| = 2352 \text{ cm}^4$$

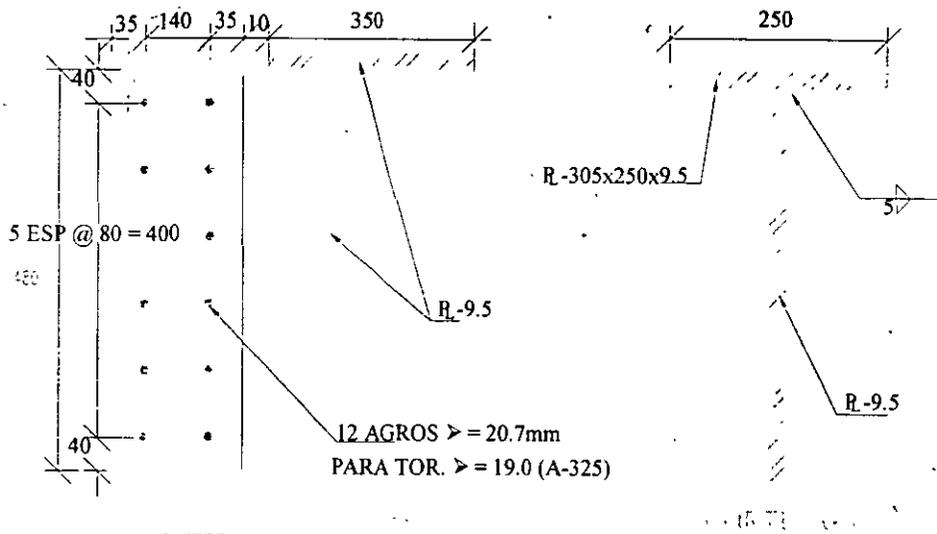
Momento de inercia de la sección neta (de la sección descontando los agujeros)

$$I_x = 8755 - 2352 = 6403 \text{ cm}^4$$

$$\text{Distancia a la fibra más alejada } C_x = \frac{48}{2} = 24 \text{ cm}$$

$$\text{Módulo de sección del área neta } S_x = \frac{6403}{24} = 267 \text{ cm}^3 > 164 \text{ cm}^3$$

$$\text{Módulo de sección del área total } S_x = \frac{8755}{24} = 365 \text{ cm}^3 > 227 \text{ cm}^3$$



### 7.1b) Tornillos sujetos a cortante y tensión.

Los efectos de cortante y tensión actuando de manera simultánea sobre los tornillos, ocurren frecuentemente en conexiones de elementos diagonales y ménsulas (ejemplos 7.2 y 7.3).

Las especificaciones del A.I.S.C. en su sección J3 proporcionan las siguientes ecuaciones de interacción, que cubren estos casos para los distintos tipos de tornillos usados comúnmente en conexiones por aplastamiento.

TIPO DE TORNILLO	ROSCA DENTRO DEL PLANO DE CORTE.	ROSCA FUERA DEL PLANO DE CORTE.
Barras roscadas y tornillos A-449 de más de 38 mm de diámetro.	$0.43 F_u - 1.8 f_v \leq 0.33 F_u$	$0.43 F_u - 1.4 f_v \leq 0.33 F_u$
Tornillos A - 325	$\sqrt{(3090)^2 - 4.39 f_v^2}$	$\sqrt{(3090)^2 - 2.15 f_v^2}$
Tornillos A - 490	$\sqrt{(3800)^2 - 3.75 f_v^2}$	$\sqrt{(3800)^2 - 1.82 f_v^2}$ □
Tornillos A - 307	$1830 - 1.8 f_v \leq 1410$	

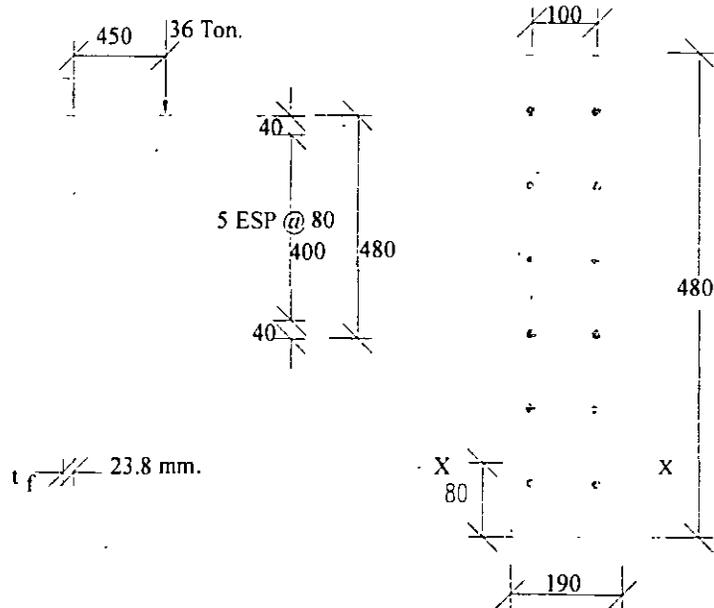
**TABLA 7.1**

Donde  $f_v$  es el esfuerzo cortante actuante en el tornillo, sin exceder su valor permisible dado en el Capítulo 2. Para tornillos A-325 y A-490 trabajando a fricción, éste cortante permisible debe multiplicarse por el factor de reducción  $(1 - f_t A_b / T_b)$ , en el que  $f_t$  es el esfuerzo promedio de tensión debido a una carga directa aplicada en todos los tornillos de la conexión, y  $T_b$  es la carga de tensión inicial dada en la tabla siguiente, en donde los valores corresponden aproximadamente al 70% de la resistencia mínima a tensión especificada para el tornillo.

DIAMETRO DEL TORNILLO (MM).	TORNILLOS A-325	TORNILLOS A-490
13	5400	6800
16	8600	10900
19	12700	15900
22	17700	22200
25	23100	29000
29	25400	36300
32	32200	47300
35	38600	54900
38	46700	67100

### EJEMPLO 7.3.

Revisar los tornillos propuestos en la ménsula definida en la figura siguiente, usando tornillos A-325 de  $\phi = 22.2$  mm con sus roscas fuera del plano de corte, trabajando al aplastamiento.



Suponiendo que el eje neutro queda a  $1/6$  de la altura de la ménsula (8 cm) y considerando un ancho efectivo de  $8t_f$  (19 cm), tendríamos :

Cortante por tornillo : 
$$V_f = \frac{36000}{12} = 3000 \text{ kg.}$$

Esfuerzo cortante por tornillo : 
$$f_v = \frac{3000}{3.87} = 775 \text{ kg/cm}^2$$

Cortante permisible para los tornillos :

$$F_v = 2100 \text{ kg/cm}^2 > 775 \text{ kg/cm}^2 \text{ Bien.}$$

Localización del eje neutro (con las suposiciones anteriores).

$$(19 \times 8) (8/2) = 608 \text{ cm}^3 \text{ (momento de la zona de aplastamiento)}$$

Ubicación del centroide de los 10 tornillos trabajando a tensión, con respecto al eje neutro supuesto :

$$\bar{y} = 4 + 2 \times 8 = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Area total de tornillos a tensión : } 10 \times 3.87 = 38.7 \text{ cm}^2$$

$$\text{Momento } 38.7 \times 20 = 774 \neq 608 \therefore \text{ No coincide.}$$

-Incrementando la posición del eje neutro a 9 cm de la base, tendríamos :

$$\text{Area y momento de aplastamiento : } (19 \times 9) \left| \frac{9}{2} \right| = 770 \text{ cm}^3$$

$$\text{Area y momento de los tornillos } 38.7(19) = 735 \text{ cm}^3$$

La diferencia entre estos resultados es menor al 5% (35/735), por lo que se considera adecuada.

.Momento de inercia y módulo de sección del arreglo.

$$\text{Para los tornillos a tensión } I_x = \Sigma A_b d^2 = A_b \Sigma d_i^2$$

$$\Sigma d_i^2 = 2 \left| (3)^2 + (11)^2 + (19)^2 + (27)^2 + (35)^2 \right| = 4890 \text{ cm}^2$$

$$A_b \Sigma d_i^2 = 3.87 \times 4890 = 18924 \text{ cm}^4$$

$$\text{Momento de inercia de la zona a compresión : } I_o + Ad^2$$

$$I_o = \frac{19 \times 9^3}{12} = 1154 \text{ cm}^4 \quad Ad^2 = (19 \times 9) \left| \frac{9}{2} \right|^2 = 3463 \text{ cm}^4$$

$$I_o + Ad^2 = 1154 + 3463 = 4617 \text{ cm}^4$$

$$\text{Inercia total} = 4617 + 18924 = 23541 \text{ cm}^4$$

$$S_t = \frac{23541}{35} = 672.6 \text{ cm}^3$$

$$S_c = \frac{23541}{9} = 2615.7 \text{ cm}^3$$

$$\text{Momento con respecto a la conexión} = 36000 \times 45 = 1620000 \text{ kg} \cdot \text{cm.}$$

$$\text{Esfuerzo de tensión} = \frac{1620000}{672.6} = 2409 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo permisible a tensión de acuerdo a la fórmula de interacción correspondiente :

$$F_t = \sqrt{(3090)^2 - 2.15(775)^2} = 2873 \text{ kg/cm}^2 > 2409 \text{ kg/cm}^2 \text{ Bien.}$$

-Verificación del aplastamiento.

$$\text{Esfuerzo máximo de aplastamiento} = \frac{1620000}{2615.7} = 619 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo permisible :

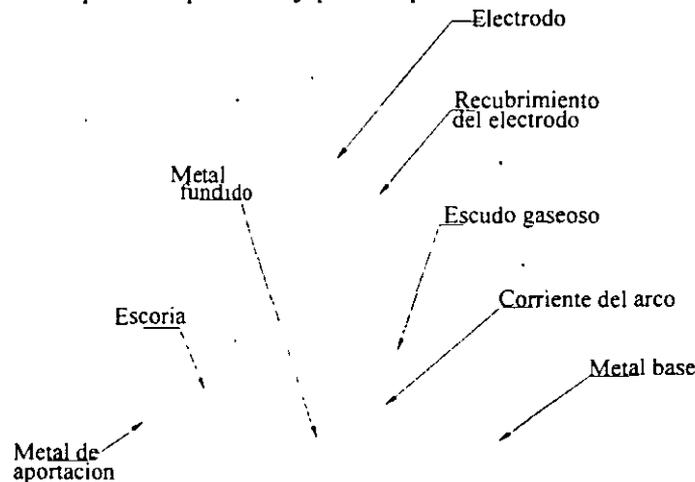
$$F_p = 0.9F_y = 2275 \text{ kg/cm}^2 > 619 \text{ kg/cm}^2 \text{ Bien.}$$

∴ Se dejará el arreglo de tornillos propuesto.

## 7.2. CONEXIONES SOLDADAS

Las conexiones soldadas se realizan normalmente por el proceso llamado de "arco eléctrico con electrodo protegido", cuando se realizan de manera manual y por el proceso de "arco eléctrico con electrodo sumergido", cuando se realizan de manera automática en taller. En ambos procesos el calor que se genera por el arco eléctrico, funde simultáneamente el electrodo con el que se realiza, y el acero adyacente a las partes que se unen.

En la figura siguiente se ilustra el proceso de arco eléctrico con electrodo protegido, y como se observa, el recubrimiento del electrodo forma un escudo gaseoso que protege contra la atmósfera al metal de aportación. En el proceso de arco sumergido, el arco eléctrico se genera bajo la protección del fundente pulverizado, que se deposita automáticamente sobre el electrodo desnudo que se presenta en forma de carrete. El recubrimiento una vez fundido forma una "costra" protectora, llamada escoria, que evita el enfriamiento rápido del metal de aportación, esta escoria debe retirarse de las soldaduras, una vez enfriadas, antes de aplicar el primario y pintura protectora.



Las principales ventajas que ofrecen las conexiones soldadas son las siguientes :

- 1.- Como la soldadura proporciona la transferencia más directa de los elementos mecánicos de un miembro a otro, se obtienen detalles más sencillos, eficientes y de menor peso que los atornillados.
- 2.- Los costos de fabricación se reducen debido a que se manejan menos componentes, y los trabajos de perforado, punzonado y rimado, se eliminan.
- 3.- Hay un ahorro en peso de los elementos a tensión, ya que no se reduce el área por la presencia de agujeros.
- 4.- La soldadura es ideal para las uniones de los tanques de almacenamiento de líquidos o barcos, ya que se sellan las juntas.
- 5.- La soldadura mejora la apariencia arquitectónica de las estructuras y reduce las concentraciones de esfuerzos que se generan por la presencia de agujeros.
- 6.- Permite las conexiones simples en miembros con superficies curvas o con pendiente, como cuando se unen elementos tubulares.
- 7.- Se simplifica la reparación o reforzamiento de las estructuras existentes.

Los dos tipos más comunes de soldadura se conocen como de chaflán o filete y de preparación, las primeras se utilizan para conectar dos placas o elementos que se traslapan o forman una posición de "T". Las soldaduras de preparación, se usan comúnmente en conexiones a tope y algunas veces requieren de un biselado o preparación de sus bordes antes de la colocación de la soldadura. Cuando la soldadura abarca al espesor completo de la placa, para lo cual se requiere algunas veces soldar por ambos lados, a colocar placas de respaldo, se dice que alcanzan la "penetración completa"; en caso contrario, se les llama de penetración parcial. En la figura siguiente se ilustran estos casos de soldaduras.

Las soldaduras de filete son las que se realizan con mayor facilidad, y por ésta razón, son también las más utilizadas, las capacidades de los distintos espesores y tipos de electrodos se dieron en una tabla de la Unidad 2, se prefiere utilizar los espesores de soldadura de 5, 6 y 8 mm, porque se pueden realizar con una sola pasada del electrodo, debe considerarse que la cantidad de metal de aportación se incrementa con el cuadro del tamaño de la soldadura, por lo que los incrementos en el tamaño y costo de la soldadura crecen enormemente cuando se incrementa el tamaño de la misma.

Debido a que una soldadura pequeña en el borde de una placa gruesa se enfría con mucha rapidez produciendo fragilidad y agrietamientos, cuando el material de aportación se contrae al enfriarse mientras la placa gruesa se lo impide, los tamaños mínimos que se permiten en las soldaduras de filete en función de la placa más gruesa de la unión se dan en la tabla siguiente :

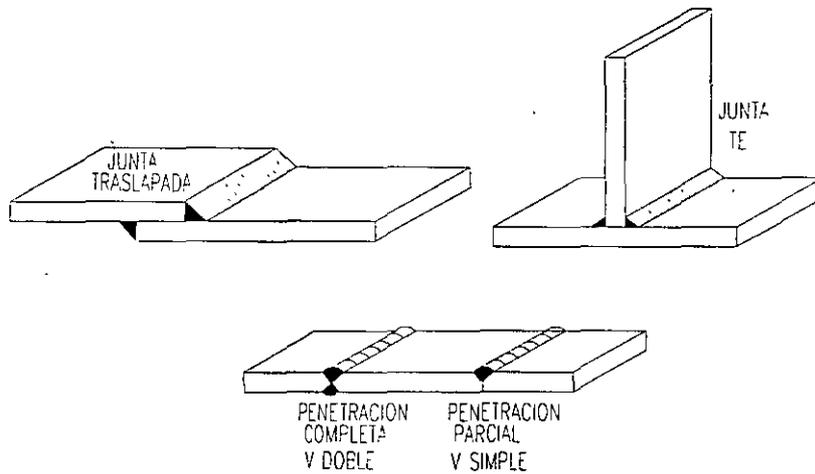
<b>ESPESOR MAS GRUESO DE LAS PARTE UNIDAS EN MM.</b>	<b>ESPESOR MINIMO DE LA SOLDADURA.</b>
Hasta 6 mm inclusive	3 mm
Más de 6 a 13 mm	5 mm
Más de 13 a 19 mm	6 mm
Más de 19 a 38 mm	8 mm
Más de 38 a 57 mm	10 mm
Más de 57 a 152 mm	13 mm

Más de 152 mm

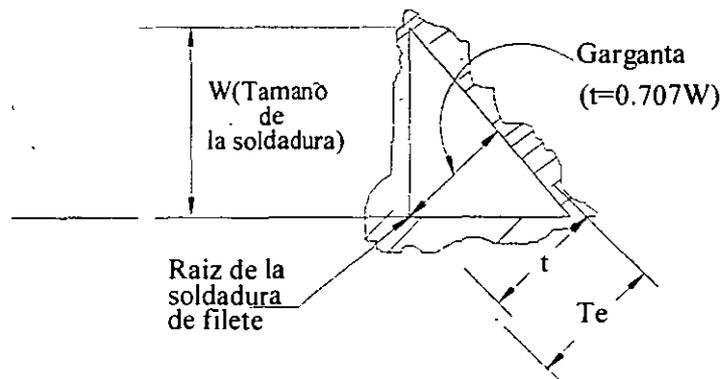
16 mm

TABLA 7.3

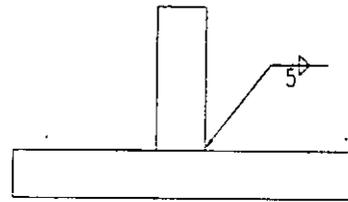
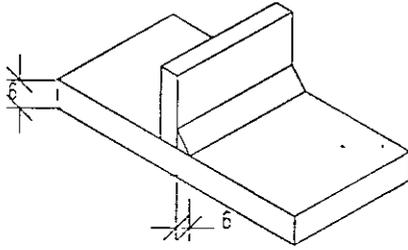
También se limita el tamaño máximo de la soldadura de filete a no más del espesor de la placa menos 1.6 mm, cuando ésta excede de 6 mm, y al espesor de la placa, cuando es menor de 6 mm.



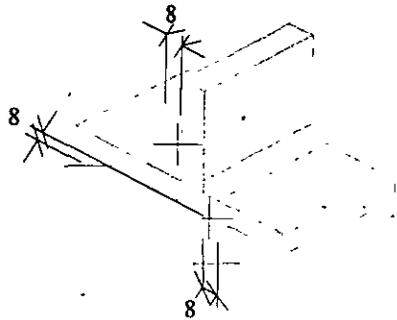
Cuando se utiliza el proceso de soldadura eléctrica manual con electrodo protegido, la garganta efectiva es igual a la dimensión  $t$  de la figura siguiente. Cuando se utiliza el proceso de electrodo sumergido, la cantidad mayor de calor que se genera, produce una penetración más profunda y se permite una dimensión de garganta efectiva mayor, llamada  $T_e$ , igual al tamaño de la soldadura  $\omega$ , si  $\omega \leq 10\text{mm}$ , y  $T_e$  se toma igual a  $\omega + 3\text{ mm}$  cuando  $\omega > 10\text{mm}$ , esta situación se representa en la figura siguiente.



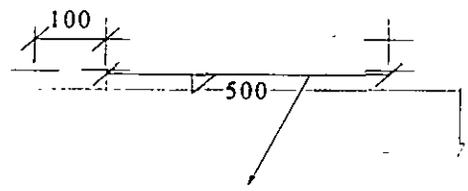
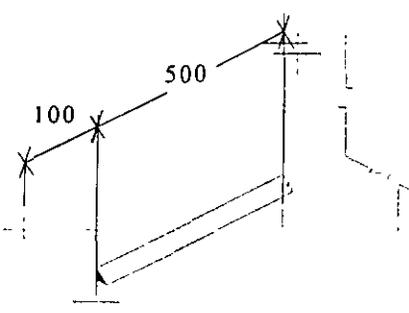
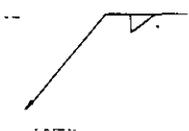
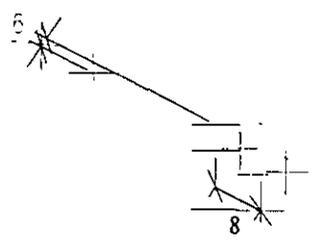
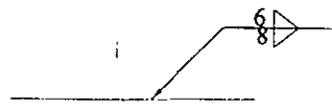
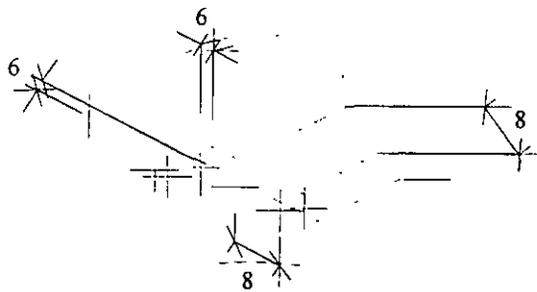
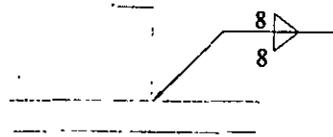
Los principales símbolos que se utilizan en las soldaduras son los siguientes:

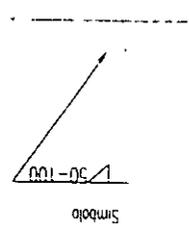
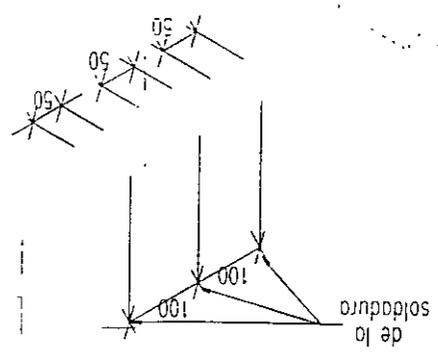
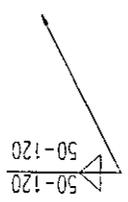
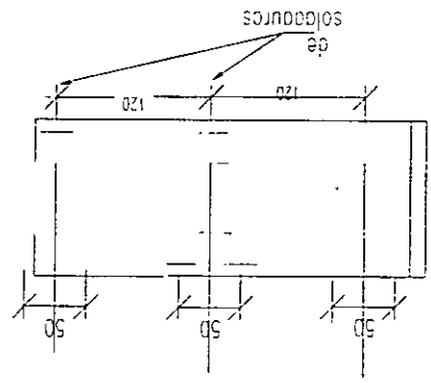
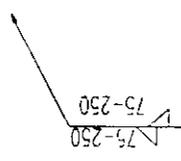
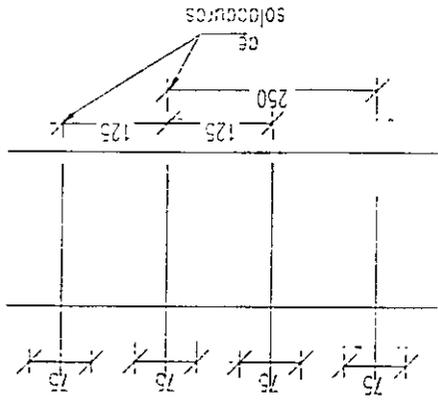


Soldadura deseada

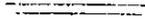


Simbolo

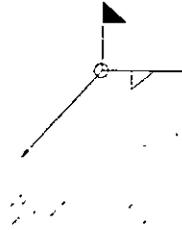
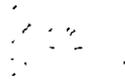
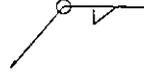




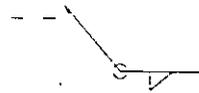
SOLDADURA DESEADA

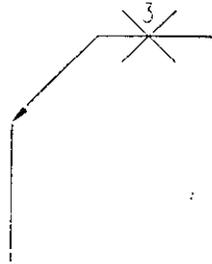
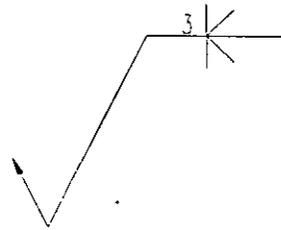
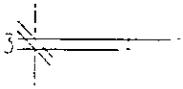
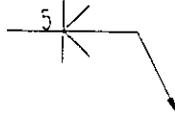
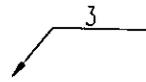
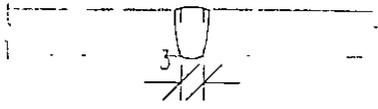


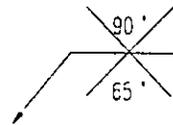
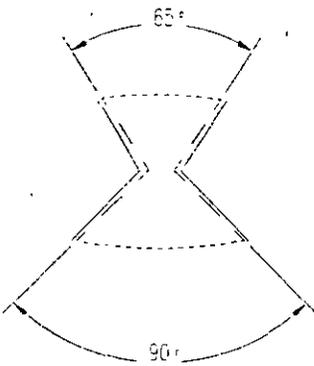
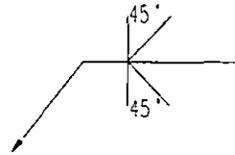
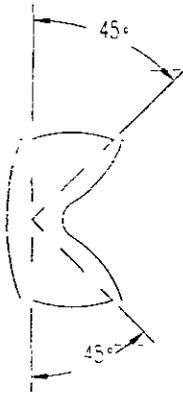
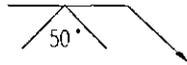
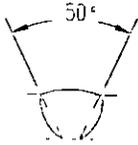
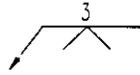
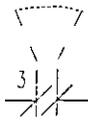
SIMBOLO



Soldadura a  
toda direccin  
hecho en el  
calle

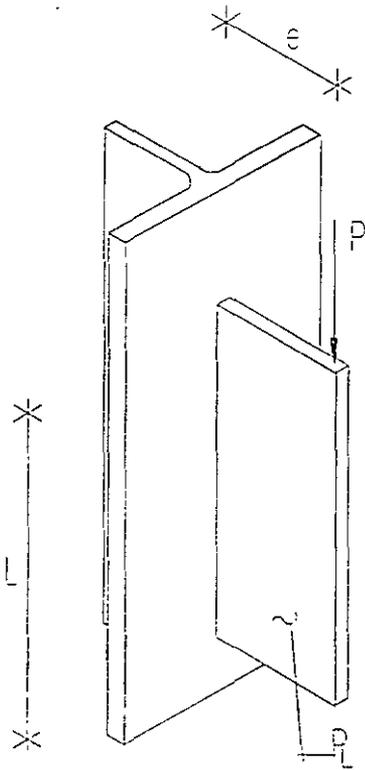






### EJEMPLO 7.4:

En la figura se muestra una ménsula cargada excentricamente. Calcular el espesor de soldadura de filete requerida.



Notas :

Material ASTM A-36

Electrodo E-70XX

$P = 9100 \text{ kg}$

$e = 30 \text{ cm.}$

$L = 38 \text{ cm.}$

Momento sobre la soldadura  $P \cdot e$

$M = 9100 \times 30 = 273000 \text{ kg} \cdot \text{cm.}$

a). Determinar el modulo de sección del grupo de soldadura

$$S = \frac{I}{c} = \frac{(L^3 / 12)}{(L / 2)} = \frac{L^2}{6}$$

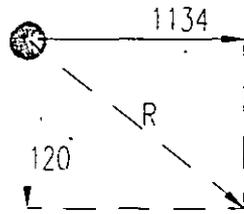
La fuerza cortante máxima por centímetro de longitud de soldadura debido al momento es :

$$f_m = M/S = \frac{3M}{L^2} = \frac{3 \times 9100 \times 30}{38^2} = 1134 \text{ kg / cm}$$

Dado que tenemos 2 líneas de soldadura. el esfuerzo a soportar por cada línea será:

$$f_m = 1134/2 = 567 \text{ kg / cm}$$

b). El cortante debido a la carga directa es calculada suponiendo que la línea de soldadura a cada lado de la placa toma la mitad de la carga total.



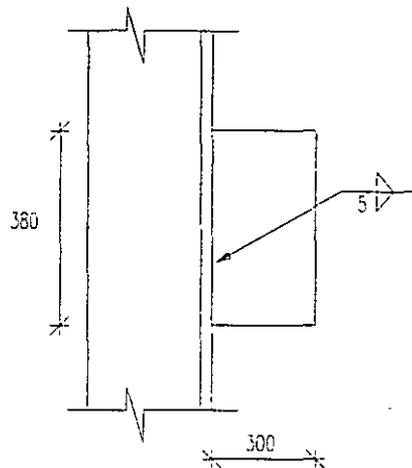
$$f_v = P/2L = 9100/(2 \times 38) = 120 \text{ kg / cm.}$$

c). La resultante de las dos fuerzas es :

$$f_R = \sqrt{f_m^2 + f_v^2} = \sqrt{567^2 + 120^2} = 580 \text{ kg / cm}$$

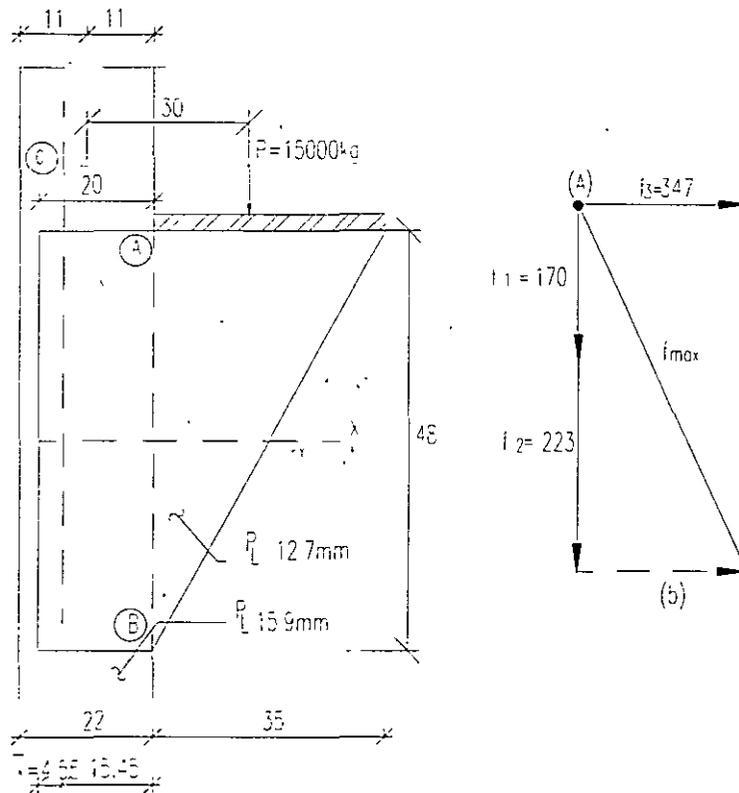
Para soldadura E-70XX con espesor de  $t = 6 \text{ mm}$  la resistencia será  $625 \text{ kg/cm}$ .

$R = 625 \text{ kg/cm} > 580 \text{ kg/cm} \therefore$  se colocará soldadura de filete de  $t = 6 \text{ mm}$ .



### EJEMPLO 7.5 :

Determinar el tamaño de la soldadura de filete de la ménsula del ejemplo 7.1. Los electrodos a emplearse serán E-70XX.



Obtención del centroide del cordón de soldadura propuesto :

$$\bar{x} = \frac{\sum M_c}{L} = \frac{[20(10)]2}{20 \times 2 + 48} = 4.55 \text{ cm}$$

Calculo del momento torsionante:

$$\text{Brazo de palanca} = (30 + 11 - 2 - 4.55) = 34.45 \text{ cm}$$

$$M_T = 15000 \times 34.45 = 516750 \text{ kg} \cdot \text{cm.}$$

Longitud total de soldadura :

$$L = 48 + 20 \times 2 = 88 \text{ cm}$$

$$I_x = \left[ 20(24)^2 \right] 2 + \frac{(48)^3}{12} = 32256 \text{ cm}^3$$

$$I_y = \left[ \frac{(20)^3}{12} + 20(5.45)^2 \right] 2 + 48(4.55)^2 = 3515 \text{ cm}^3$$

$$J = I_x + I_y$$

Los puntos críticos son A y B; en la figura (b) se muestran las fuerzas por unidad de longitud en el primero de ellos.

$$f_1 = \frac{T}{L} = \frac{15000}{88} = 170 \text{ kg / cm}$$

$$f_2 = \frac{M_T}{J} x = \frac{516750}{35771} (15.45) = 223 \text{ kg / cm}$$

$$f_3 = \frac{M_T}{J} y = \frac{516750}{35771} (24) = 347 \text{ kg / cm}$$

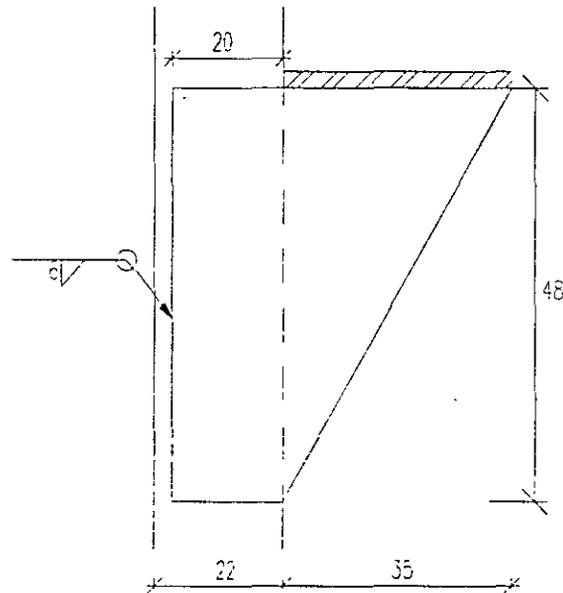
$$f_{\max} = \sqrt{(170 + 223)^2 + 347^2} = 524 \text{ kg / cm}$$

De la tabla de espesores de soldadura obtenemos que para el espesor  $t = 6\text{mm}$  con electrodo E-70XX tenemos una capacidad de 625 kg/cm.

espesor mínimo  $t = 6 \text{ mm}$

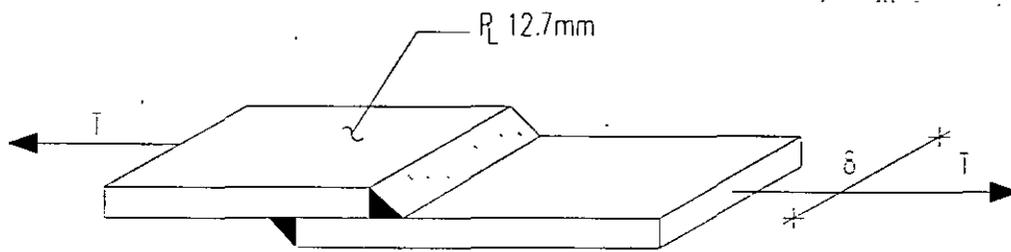
espesor máximo  $t = 12.7 - 1.6 = 11.1 \text{ mm}$

∴ Se acepta la soldadura, quedando el croquis de la manera siguiente :



#### EJEMPLO 7.6 :

Diseñar las soldaduras de filete necesarias para la junta traslapada mostrada en la figura, considerando que se emplearán electrodos E-70XX. El diseño debe realizarse para desarrollar la capacidad total de las placas mostradas.



Sabiendo que el esfuerzo a tensión permisible es  $F_t = 1520 \text{ kg/cm}^2$

La tensión máxima que soporta la placa es de :

$$T = A F_t = (8 \times 12.7) 1520 = 15443 \text{ kg}$$

Cálculo del espesor de la soldadura; teniendo un cordón de  $L = 8 \times 2 = 16 \text{ cm}$

$$\text{espesor requerido } t = \frac{T}{L} = \frac{15443}{16} = 965 \text{ kg/cm}$$

De la tabla observamos que el espesor que se aproxima a esa capacidad es :

$$t = 10 \text{ mm con una capacidad de } 1040 \text{ kg/cm} > 965 \text{ kg/cm}$$

verificando espesores mínimos y máximos de soldadura, tenemos :

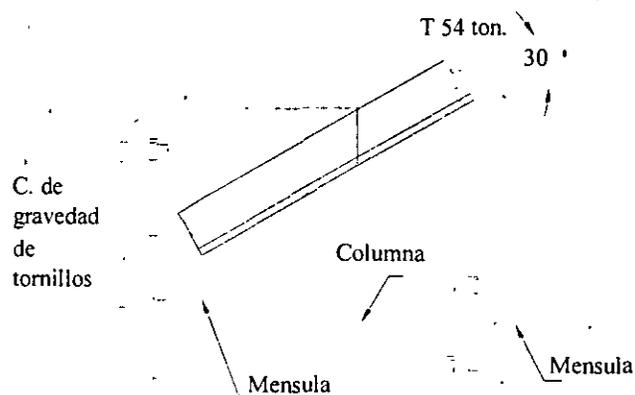
$$\text{Para placa de } 12.7 \text{ mm} \quad t_{\min} = 5 \text{ mm} < 10 \text{ mm.}$$

$$t_{\max} = 12.7 - 1.6 = 11 \text{ mm} > 10 \text{ mm}$$

$\therefore$  se acepta la soldadura.

### EJEMPLO 7.2.

Revisar la siguiente conexión usando tornillos de 19.0 mm A-325 trabajando a). al aplastamiento y b). a la fricción.



#### a). Conexión trabajando al aplastamiento.

Como el eje de la diagonal coincide con el centro de gravedad del arreglo de tornillos, los efectos de tensión y cortante sobre la conexión serían :

$$T = 54 \cos 30^\circ = 46.8 \text{ Ton.}$$

$$V = 54 \sin 30^\circ = 27 \text{ Ton.}$$

La fuerza cortante y de tensión que será resistida por cada tornillo será :

$$T_i = \frac{46800}{8} = 5850 \text{ kg}$$

$$V_i = \frac{27000}{8} = 3375 \text{ kg}$$

Y los esfuerzos generados en los tornillos  $\phi = 19.0$  con área  $A = 2.85 \text{ cm}^2$  serán :

$$f_t = \frac{5850}{2.85} = 2053 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{3375}{2.85} = 1184 \text{ kg/cm}^2$$

Sustituyendo el valor del esfuerzo cortante actuante en la ecuación de interacción de los tornillos A-325, (suponiendo que la cuerda de los tornillos, no coincide con el área de corte) quedaría :

$$F_t = \sqrt{(3090)^2 - 2.15(1184)^2} = 2556 \text{ kg/cm}^2 > 2053 \text{ kg/cm}^2$$

∴ Se aceptan 8 tornillos  $\phi = 19.0$  mm A-325 para la conexión.

#### b). Conexión trabajando a la fricción.

Usando tornillos  $\phi = 19.0$  mm A-325 :

$$A_b = 2.85 \text{ cm}^2 \quad f_t = 2053 \text{ kg/cm}^2 \quad f_v = 1184 \text{ kg/cm}^2 \quad T_b = 12700 \text{ kg. (ver tabla)}$$

Calculando el factor de reducción al cortante :

$$\text{Factor} = \left| 1 - \frac{2053 \times 2.85}{12700} \right| = 0.54$$

Para los tornillos A-325, con agujeros estándar, el cortante permisible es (ver tabla en Capítulo 2).

$$F_v = 1200 \text{ kg/cm}^2.$$

Y el cortante permisible reducido sería :

$$F_v = 0.54 \times 1200 = 647 \text{ kg/cm}^2 < 1184 \text{ kg/cm}^2 \text{ No pasa.}$$

Proponiendo tornillos  $\phi = 22.2$  mm  $A_b = 3.87 \text{ cm}^2$

$$f_t = \frac{5850}{3.87} = 1512 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_b = 17700 \text{ kg.}$$

$$\text{Factor} = \left| 1 - \frac{1512 \times 3.87}{17700} \right| = 0.67$$

Cortante permisible reducido :  $F_v = 1200 \times 0.67 = 803 \text{ kg/cm}^2.$

$$f_v = \frac{3375}{3.85} = 876 \text{ kg/cm}^2 > 803 \text{ kg/cm}^2 \text{ No pasa.}$$

Proponiendo tornillos  $\varnothing = 25.4 \text{ mm}$   $A_b = 5.07 \text{ cm}^2$ .

$$f_t = \frac{5850}{5.07} = 1154 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_b = 23100 \text{ kg.}$$

$$\text{Factor} = \left| 1 - \frac{1154 \times 5.07}{23100} \right| = 0.75$$

Cortante permisible reducido :  $F_v = 1200 \times 0.75 = 896 \text{ kg/cm}^2$ .

$$f_v = \frac{3375}{5.07} = 665 \text{ kg/cm}^2 < 896 \text{ kg/cm}^2 \text{ Bien.}$$

$\therefore$  Se emplearán 8 tornillos  $\varnothing = 25.4 \text{ mm}$  trabajando a la fricción, la conexión del ángulo a la ménsula y la revisión del bloque de cortante se vio en el Capítulo 2 y por eso se omite aquí.

Otro caso en el que se generan fuerzas de tensión y cortante simultáneamente en los tornillos, son las ménsulas del tipo indicado en el ejemplo 7.3 en donde una zona, (la parte superior) de la conexión se encuentra a tensión y otra, (la inferior) se encuentra a compresión. Una forma de solucionar el problema es suponiendo que el eje neutro de la conexión, se ubica abajo del centro de gravedad del grupo de conectores y los tornillos abajo del eje neutro se supone que sólo resisten cortante.

## **6.8.- Evaluación detallada en estructuras de acero.**

### **6.8.1.- Generalidades**

La información de daños en estructuras de acero obtenida durante terremotos como los de la Ciudad de México y Chile en 1985, el de Northdge, California en 1994 y Kobe, Japón en 1995, es la base que permite proponer criterios de evaluación postsísmica detallada en estructuras de acero. De acuerdo con esta información, se han podido identificar patrones de daños típicos en este tipo de estructuras, los cuales se comentan a continuación.

En elementos estructurales podemos destacar los siguientes daños típicos que pueden presentarse durante un evento sísmico importante:

- Pandeo lateral y pandeo local en vigas, con fluencia o fractura de patines, fractura de placas que forman el alma, etc.
- Pandeo local en columnas con fractura y desgarramiento laminar.
- Pandeo general y local en contraventeos.
- Falla por pandeo y fuerza cortante elevada en diagonales, montantes de armaduras, columnas y vigas de alma abierta.
- Falla de placas de conexión en la cimentación.

Un aspecto relevante a considerar en la evaluación postsísmica de la seguridad estructural en estructuras de este tipo, es el del comportamiento de conexiones entre elementos estructurales, tanto remachadas como soldadas. El mal comportamiento de estas conexiones ha sido identificado como causa principal de daño y falla en estructuras de acero durante sismos. Los principales factores que en eventos sísmicos anteriores han influido en este mal comportamiento han sido el uso de acero y elementos base con características pobres para soldar, presencia de esfuerzos residuales productos del proceso de construcción y de soldadura, el empleo de mano de obra no calificada, escasa resistencia al cortante en tornillos (lo cual provocó fluencia y ruptura de estos); etc.

Otros aspectos a considerar en los procedimientos de evaluación de estructuras de acero son la corrosión y oxidación, ya que estos fenómenos pueden alterar notablemente las propiedades del acero.

### ***6.8.2.- Información relevante para efectuar la evaluación postsísmica de estructuras formadas a base de marcos de acero.***

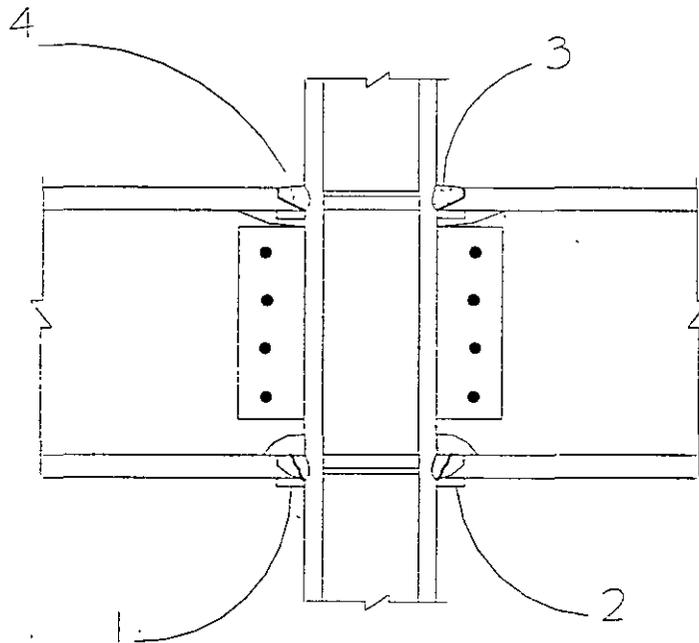
A continuación se propone un procedimiento con el cual se pretende que, después de un sismo fuerte, el ingeniero pueda realizar una evaluación confiable de la seguridad estructural de una edificación a base de elementos estructurales de acero y dictaminar si la edificación puede ser ocupada sin riesgo excesivo para sus ocupantes. Con el propósito de facilitar la ejecución de esta evaluación, esta se ha dividido en tres partes principales: conexiones, vigas y columnas. Además, se comenta el caso de elementos estructurales con secciones de alma abierta.

#### ***Conexiones***

Es deseable iniciar la revisión de la seguridad de una estructura de acero con las conexiones, pues como ya se menciono anteriormente, esta parte es relevante en el buen desempeño de la estructura. La mayoría de las veces las conexiones están ocultas por elementos no estructurales, por lo que será necesario remover estos elementos, que normalmente son plafones, tableros, elementos secundarios, etc. En algunos casos será necesario demoler parcialmente techos y paredes. Se recomienda dejar al descubierto como mínimo una distancia igual al peralte de la viga, tanto en columnas como en vigas con el fin de poder realizar también la revisión de las secciones críticas de estos elementos estructurales.

Se debe tratar de detectar los grupos de conexiones que se crea que resulten más vulnerables y que se encuentren en los lugares que sean más accesibles para la revisión.

En la fig. 6.8 se muestran los daños más comunes que se pueden observar en una conexión soldada:



**Fig. 6.8 Daños en conexiones soldadas (SAC, 1994)**

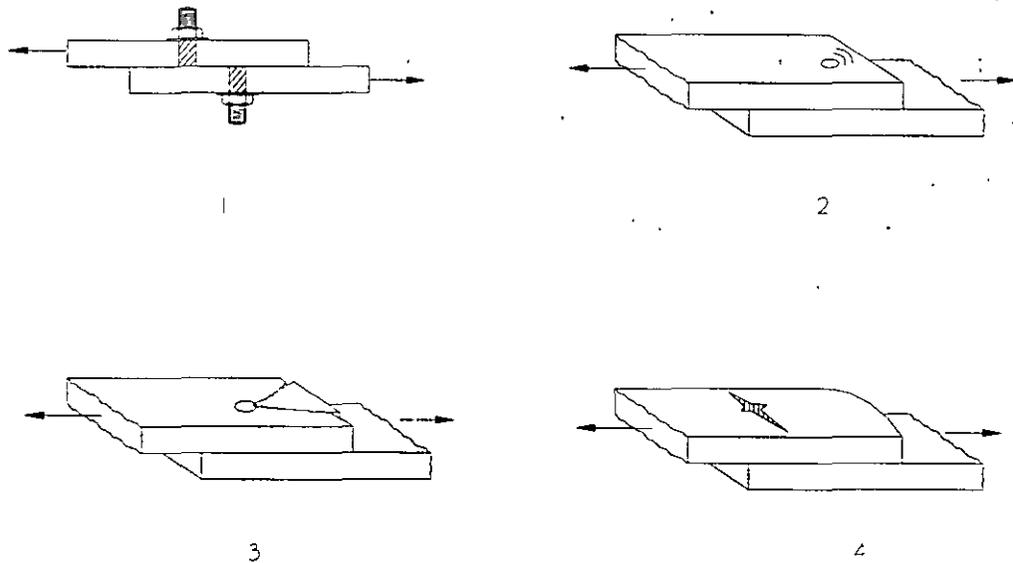
- 1.- Fractura completa en la soldadura
- 2.- Fractura parcial en la soldadura
- 3.- Fracturas en el contacto del patín de la columna con la soldadura.
- 4.- Fracturas en el contacto de los patines de la trabe con la soldadura.

En el primer y segundo caso, las fracturas se prolongan a través del metal utilizado en la soldadura. Los otros dos casos ocurren en la zona de fusión entre el material de aportación y el material base, constituido en este caso por los patines de vigas y columnas. Estos tipos de daños son resultado de la pérdida de capacidad a tensión del patín inferior de la viga.

Las principales fallas en soldaduras ocurren en la unión de columnas con los patines inferiores de las vigas, esto es debido principalmente a que en obra los soldadores pueden realizar sin dificultad de operación una junta de penetración completa en el patín superior; sin embargo, en el caso del patín inferior la ejecución de la soldadura se complica, ya que el alma de la viga obstruye la colocación continua de la soldadura. Esto sugiere que la inspección de la soldadura de la conexión en la parte del patín inferior debe ser objeto de

una revisión cuidadosa, Es de interés mencionar que de acuerdo a estadísticas de daños observados durante el sismo de Northridge, la ocurrencia de daños en el patín superior implicaba que el patín inferior también estaba dañado.

En relación a conexiones atornilladas, los daños pueden ser detectados más fácilmente, pues la forma en que estos se presentan hacen identificable el tipo de falla. Los tipos más comunes de estas fallas se muestran en la fig. 6.9:



**Fig. 6.9 Daños típicos en conexiones remachadas (Salmon et al, 1996)**

- 1.- cortante
- 2.- aplastamiento
- 3.- desgarramiento
- 4.- sección insuficiente

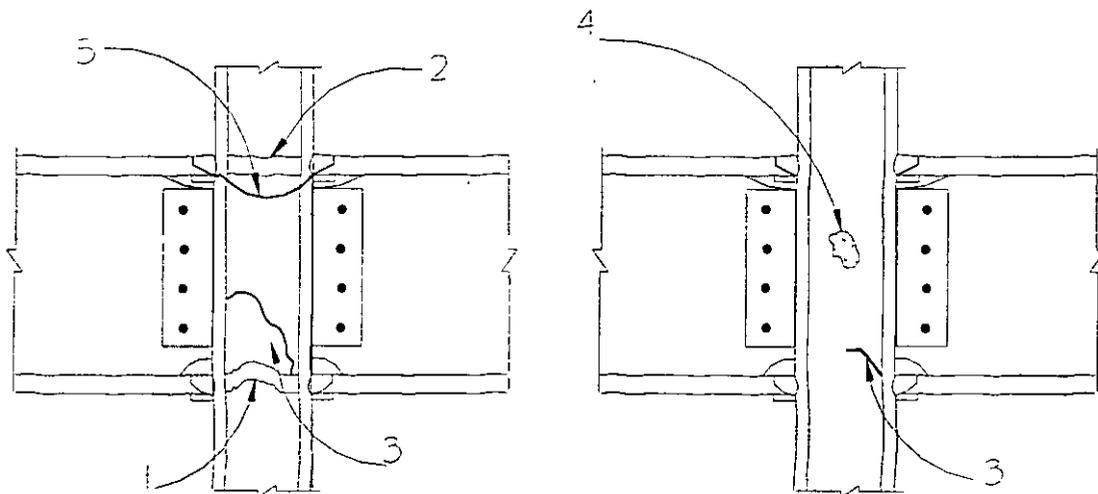
La falla por cortante en conexiones atornilladas o remachadas se origina cuando se excede la capacidad de los tornillos o remaches. En la mayor parte de los casos estos se manifiestan con la fluencia o deformación de los tornillos o remaches. En la falla por aplastamiento la capacidad de los tornillos es mucho mayor que la de las placas y estas son las que llegan a la ruptura. La falla por desgarramiento es originada por una escasa distancia del tornillo al borde de la placa la cual se puede fracturar si se presenta una

tensión elevada en ella. La falla por sección insuficiente se presenta solo en miembros sujetos a tensión, el diámetro y separación de los agujeros influye de manera directa, ya que se reduce el área neta, lo cual origina que la resistencia disminuya y ocurra la ruptura de la placa que se parte en dos.

### ***Panel de Unión***

Las trabes se unen con una columna en un punto común por lo que aquí se forman paneles de unión, la revisión de estas zonas también es importante pues en este lugar se llevan a cabo un gran número de conexiones. Los daños que se presentan en esta zona son difíciles de detectar, pues en muchos casos, además de las vigas conectadas a los patines de la columna, existen vigas conectadas al alma, lo que impide la visibilidad de dichas zonas.

Los daños más comunes que se presentan en esta zona se muestran en la fig. 6.10:



***Fig. 6.10 Daños típicos en conexiones viga-columna (SAC, 1994)***

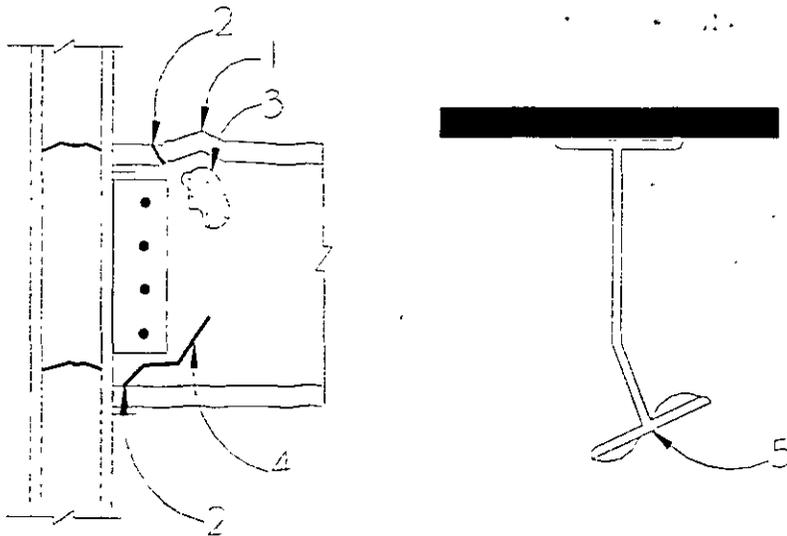
- 1.- Fractura o pandeo de atiesadores.
- 2.- Fracturas en la soldadura de los atiesadores.
- 3.- Fractura parcial en el alma de la columna.
- 4.- Pandeo del alma.

## 5.- Ruptura de la columna.

Las grietas en la soldadura de los atiesadores, y cualquier daño ocurrido en estos no será de graves consecuencias para la estructura, siempre y cuando la fractura o grieta no se extienda y penetre el material de la columna. Si la grieta penetra en el panel, esta tiende a extenderse bajo la presencia de cargas adicionales resultando una separación completa de la parte superior de la columna con la inferior. Esta falla representa un gran riesgo para la estructura, pues la columna pierde gran parte de su capacidad resistente.

## *Vigas*

Los daños en vigas consisten principalmente en fluencia, pandeo o fractura de los patines o alma en zonas cercanas a la conexión con la columna. La fig. 6.11 ilustra los tipos de daños en estos elementos estructurales.



*Fig. 6.11 Daños Típicos en vigas (SAC, 1994)*

- 1.- Pandeo de los patines.
- 2.- Fractura de los patines.

- 3.- Pandeo del alma
- 4.- Fractura del alma.
- 5.- Pandeo lateral de la sección.

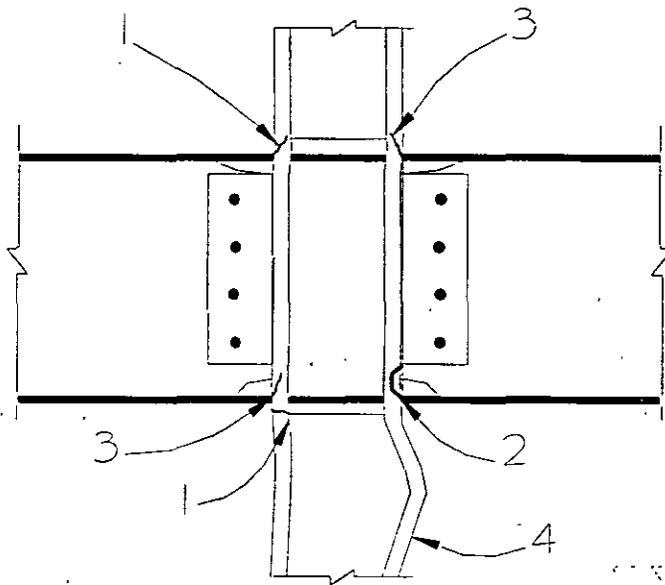
La fluencia y el pandeo en patines ocurren debido a la pérdida de su capacidad que en secciones compactas aparece gradualmente y se incrementa a medida que crece el número de ciclos inelásticos que se producen durante un sismo.

Las fracturas en los patines fuera de la zona de soldadura son resultado de la pérdida completa de la capacidad a tensión del patín, esto trae como consecuencia una reducción significativa de la capacidad resistente del marco ante cargas laterales, así como reducción importante de la rigidez de la conexión.

Es de interés mencionar que los daños en vigas se presentan con mayor frecuencia en el patín inferior debido a que generalmente en todas las estructuras se tienen losas de concreto que se apoyan en los patines superiores las cuales reducen notablemente la posibilidad de pandeo local en dichos patines. Además, la presencia de estas losas tienden a colocar el eje neutro cerca del patín superior, por lo tanto, existe mayor deformación por tensión en los patines inferiores. Otro factor, anteriormente mencionado, es la dificultad de soldar en la parte inferior.

### ***Columnas***

En la fig. 6.12 podemos distinguir los siguientes tipos de daños en columnas.



**Fig. 6.12 Daños típicos en columnas (SAC, 1994)**

- 1.- Fracturas en el patín.
- 2.- Desprendimiento de una sección del patín.
- 3.- Desgarramiento laminar del patín.
- 4.- Pandeo del patín.

El daño identificado con el numero 1 en la fig. 6.12 consiste en pequeñas grietas que se presentan en el patín, principalmente en la unión con la viga. El daño numero 2 es una extensión del daño anterior, la grieta se inicia en la raíz de la soldadura entre los patines de la viga y la columna y se extiende longitudinalmente en el patín de la columna. Las rupturas en los patines son resultado de la pérdida de la capacidad a tensión y bajo cargas adicionales pueden convertirse en daños mayores. El daño numero 3 es resultado de defectos en el proceso de fabricación del acero y contribuye de manera directa al desprendimiento de alguna sección del patín.

La revisión de las columnas del primer nivel es de gran importancia pues representan la unión entre la estructura y la cimentación, por lo que esta también debe revisarse. Un criterio simplista que se sugiere para los contraventeos es revisarlos como columnas.

En edificaciones a base de marcos de acero estructural se evaluarán los porcentajes de elementos con grado de daño IV y V, y se procederá a evaluar estos grados de daños como se indica a continuación:

	< 10%	⇒	Clasificación A
Grado IV	10% - 30%	⇒	Clasificación B
	> 30%	⇒	Clasificación C
	< 5 %	⇒	Clasificación A
Grado V	5 % - 15%	⇒	Clasificación B
	> 15%	⇒	Clasificación C

La tabla 6.4 muestra los criterios para definir los grados de daño en elementos de acero estructural.

**TABLA 6.4-CRITERIO PARA DETERMINAR EL GRADO DE DAÑOS DE ELEMENTOS DE ACERO ESTRUCTURAL**

<b>GRADO</b>	<b>ESTADO DE DAÑO DE MIEMBROS ESTRUCTURALES</b>
I	Sin defectos visibles
II	Con deformaciones dentro de las tolerancias que establecen las normas para fabricación y montaje de estructuras de acero.
III	Con deformaciones ligeramente superiores a las normales.
IV	En vigas o columnas que forman parte de marcos: pandeo local, fractura o alguna evidencia de daños en secciones del elemento estructural fuera de zonas de posible formación de articulaciones plásticas.
V	En vigas o columnas que forman parte de marcos: pandeo local, fractura o alguna evidencia de daños en secciones del elemento estructural dentro de zonas de posible formación de articulaciones plásticas.

En vigas de alma abierta que forman parte de marcos: fractura o pandeo de alguna cuerda o montante.

En uniones viga-columna: pandeo local, fractura o alguna evidencia de daños, fractura de soldadura, tornillos o remaches faltantes o con algún tipo de daño.

Pandeo o fractura de elementos de contraventeo.