

CAPITULO 2: ANTECEDENTES.

2.1. Faros.

2.1.1. Lámparas incandescentes.

Los cuerpos calientes tienen una propiedad, esta es que emiten energía en forma de radiación electromagnética. Cuando es más alta la temperatura, mayor será la energía emitida, y la porción del espectro electromagnético ocupado por las radiaciones emitidas. Si el cuerpo pasa la temperatura de incandescencia una buena parte de estas radiaciones caerán en la zona visible del espectro y obtendremos luz.

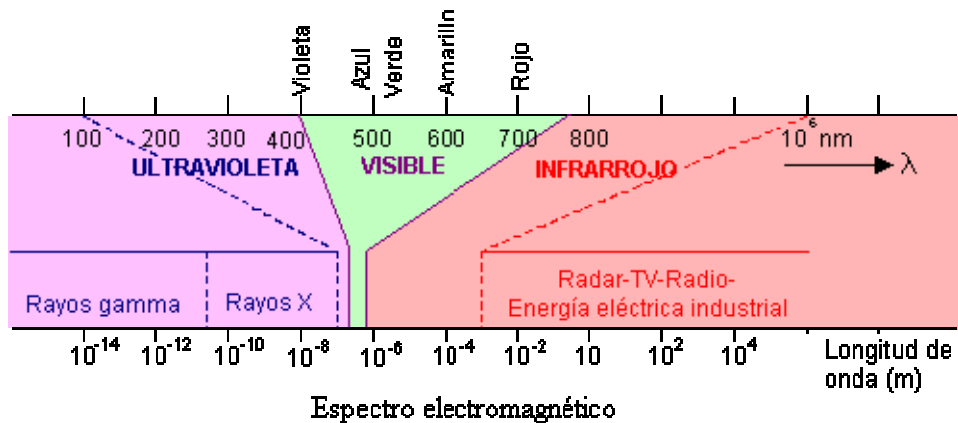


Figura 2.1.1: se muestra el espectro electromagnético de la zona visible.

La incandescencia se obtiene de las siguientes formas: la primera es por la combustión de alguna sustancia ya sea sólida, líquida o gaseosa, en el caso de la sólida, podría deberse a algún objeto como podría ser madera, en cuanto a la líquida un ejemplo muy claro podría ser una lámpara de aceite y finalmente gaseosa como una lámpara de gas. La segunda forma es pasando corriente eléctrica a través de un hilo conductor como ocurre en las bombillas corrientes. Así como de una forma a otra, obtenemos luz y calor. En general los rendimientos de este tipo de lámparas son bajos debido a que la mayor parte de la energía consumida se convierte en calor.



Figura 2.1.2: se muestra el rendimiento de una lámpara incandescente

La producción de luz mediante la incandescencia tiene una ventaja adicional, y es que la luz emitida contiene todas las longitudes de onda que forman la luz visible o dicho de otra manera, su espectro de emisiones es continuo. De esta manera se garantiza una buena reproducción de los colores de los objetos iluminados.

2.1.2. Principio del Alumbrado Incandescente.

Las lámparas de incandescencia tienen su fundamento en la Ley de Joule¹. El filamento es un conductor de muy alto punto de fusión, para evitar que se funda. El material que se utiliza para los filamentos de las lámparas es el tungsteno, cuyo punto de fusión es del orden de los 3400° C. La temperatura media del filamento de una lámpara de incandescencia es del orden de los 2000° C, razón por la cual no se funden. Aún así, si el filamento estuviese a la intemperie se combinaría con el oxígeno del aire y se destruiría por oxidación; por esta razón el filamento tiene que estar en el interior de una burbuja de vidrio en la que se ha hecho el vacío o se ha agregado algún tipo de gas.



Figura 2.1.3: Unidades de faros con lámparas de descarga de gas

¹ <http://edison.upc.es/curs/llum/lamparas/l Desc1.html>

La vida media de una lámpara de incandescencia es de aproximadamente 1000 horas pero esto no quiere decir que no pueda fundirse a las 10 horas o las 5000 horas, ya que la vida de una lámpara es variable.

De todas las fuentes luminosas que por lo general se usan, las lámparas incandescentes tienen el menor costo inicial, la eficacia luminosa más baja y la vida más corta. Las formas, tamaños y construcciones de soporte del filamento varían con los tipos diferentes de lámparas, lo que está determinado por el uso de la lámpara.

Las letras más comúnmente usadas son la C, que designa un filamento de bobina helicoidal; CC, por un filamento de bobina o doble filamento helicoidal; y S por un alambre recto sin enrollar. El enrollado del filamento aumenta la eficacia luminosa de la lámpara; un doble enrollado del filamento aumenta aún más su eficacia.

Los problemas mecánicos asociados con los filamentos de tungsteno hacen que la lámpara incandescente sea una estructura inherentemente compacta y de estructura algo esférica. La longitud y diámetro del filamento limitan su escala de operación entre 1.5 y 300 V. A 1.5 V, el filamento es muy corto y grueso, y se hace difícil calentarlo sin que se aumente en forma excesiva la temperatura de sus hilos de soporte, pero las lámparas de la clase de bajo voltaje (de 6 a 12 volts), son relativamente robustas y resisten los impactos en vehículos a motor y aplicaciones similares. A voltajes cercanos a 300 volts, el filamento es muy largo y delgado, frágil y difícil de soportar.

El desarrollo tecnológico de los últimos años, ha hecho evolucionar considerablemente las lámparas de incandescencia hasta la obtención de las lámparas de halógeno, en las cuales se conserva el filamento de tungsteno, mientras que en el interior de la burbuja se sustituye el argón por un gas halógeno ahora a mayor presión.

Atendiendo a la forma de la burbuja, número de filamentos, y posicionamiento de los mismos, existen cuatro tipos de lámpara halógena:

- A) Lámparas h-1, cuyo único filamento está situado longitudinalmente en faros de largo alcance y antiniebla.
- B) Lámpara h-2 similar a la anterior pero de menor longitud, es empleada básicamente en faros auxiliares. Las bases de conexión de estas dos lámparas son diferentes entre sí.

C) Lámparas h-3 cuyo único filamento está situado transversalmente. Se utiliza principalmente en faros auxiliares antiniebla y de largo alcance.

D) Lámparas h-4, que es la más comúnmente utilizada. Sus dos filamentos van situados en línea

2.1.3. Lámparas de descarga.

Las lámparas de descarga constituyen una forma alternativa de producir luz de una manera más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. Por eso, su uso está tan extendido hoy en día. La luz emitida se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. Según el gas contenido en la lámpara y la presión a la que esté sometido tendremos diferentes tipos de lámparas, cada una de ellas con sus propias características luminosas.

En las lámparas de descarga, la luz se consigue estableciendo una corriente eléctrica entre dos electrodos situados en un tubo lleno con un gas o vapor ionizado.

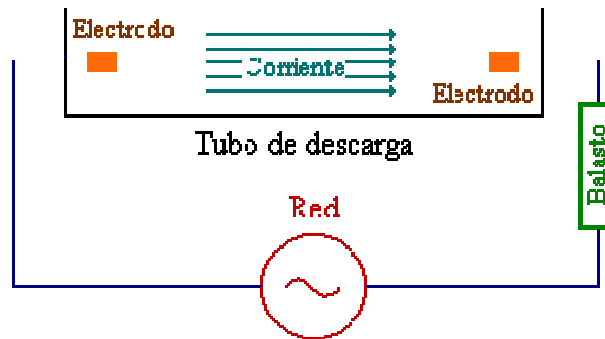


Figura 2.1.4: esquema de obtención de la luz

En el interior del tubo, se producen descargas eléctricas como consecuencia de la diferencia de potencial entre los electrodos. Estas descargas provocan un flujo de electrones que atraviesa el gas. Cuando uno de ellos choca con los electrones de las capas externas de los átomos les transmite energía y pueden suceder dos cosas.

La primera posibilidad es que la energía transmitida en el choque sea lo suficientemente elevada para poder arrancar al electrón de su orbital. Este, puede a su vez, chocar con los electrones de otros átomos repitiendo el proceso. Si este proceso no se limita, se puede provocar la destrucción de la lámpara por un exceso de corriente.

La otra posibilidad es que el electrón no reciba suficiente energía para ser arrancado. En este caso, el electrón pasa a ocupar otro orbital de mayor energía. Este nuevo estado acostumbra a ser inestable y rápidamente se vuelve a la situación inicial. Al hacerlo, el electrón libera la energía extra en forma de radiación electromagnética, principalmente ultravioleta (UV) o visible. Un electrón no puede tener un estado energético cualquiera, sino que sólo puede ocupar unos pocos estados que vienen determinados por la estructura atómica del átomo. Como la longitud de onda de la radiación emitida es proporcional a la diferencia de energía entre los estados, inicial y final del electrón y los estados posibles no son infinitos, es fácil comprender que el espectro de estas lámparas sea discontinuo.

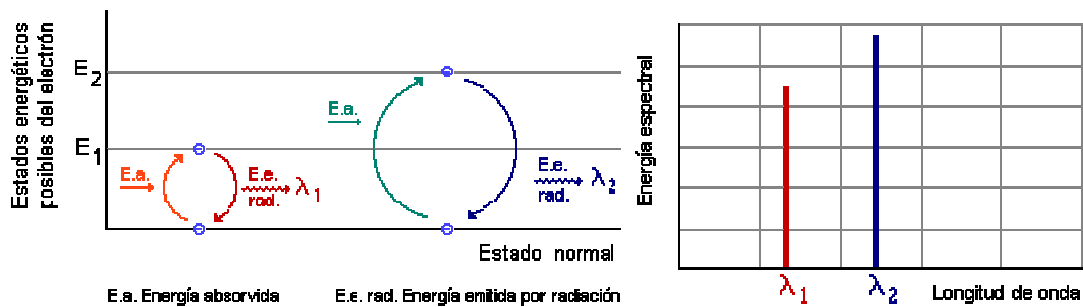


Figura 2.1.5: Relación entre los estados energéticos de los electrones y las franjas visibles en el espectro

La consecuencia de esto es que la luz emitida por la lámpara no es blanca (por ejemplo en las lámparas de sodio a baja presión es amarillenta). Por lo tanto, la capacidad de reproducir los colores de estas fuentes de luz es, en general, peor que en el caso de las lámparas incandescentes que tienen un espectro continuo.

Es posible, recubriendo el tubo con sustancias fluorescentes, mejorar la reproducción de los colores y aumentar la eficacia de las lámparas convirtiendo las nocivas emisiones ultravioletas en luz visible.

Las lámparas de descarga de gas, que van a reemplazar a las halógenas, son uno de los avances técnicos más importantes de las unidades de faros de los actuales automóviles pero muy estilizados. Se utilizan en las luces de cruce o bajas y son dos veces y media más luminosas que las halógenas.

En una lámpara de incandescencia, como las convencionales o las halógenas, la emisión de luz se produce por el calentamiento del filamento por la acción de la corriente eléctrica. La lámpara de incandescencia emite muchos más rayos infrarrojos que luz: es, ante todo, un emisor térmico. En una lámpara de descarga, la emisión luminosa se genera debido a la excitación de los átomos del gas atravesado por un flujo eléctrico. Este resultado se obtiene con un desprendimiento de calor que puede ser muy pequeño. Se dice entonces que hay luminiscencia.

La lámpara de descarga para automóviles es de un tamaño muy reducido, con un volumen equivalente al carozo de una cereza. Dentro de su bulbo de cuarzo hay dos electrodos y la ampolla está llena de un gas noble llamado xenón. En condiciones normales, los vapores metálicos o los gases no son conductores, pero si se someten a ciertas condiciones se hacen conductores, emitiendo una luz característica de su naturaleza.

La distancia que separa a los electrodos no supera los 4 milímetros. Un impulso de alto voltaje, con un valor que llega a los 20.000 voltios, es necesario para encender la lámpara y crear el arco eléctrico entre los electrodos.

El comportamiento de una lámpara de descarga es completamente diferente al de una de incandescencia. Cuando la primera se somete directamente a una tensión suficiente para su encendido (cebado), la corriente que por ella circula tiende a aumentar indefinidamente, lo que ocasionaría su destrucción inmediata. Es indispensable por ello incluir en el circuito un dispositivo electrónico capaz de limitar la corriente al llegar a un valor dado.

En los nuevos autos equipados con faros con lámparas de descarga de gas, un compacto aparato computadorizado de conexión, suministra la energía de encendido y regula la toma de potencia de las unidades luminosas.

Hay que recalcar que ahora los faros son ahora diseñados por computadora. En los centros de diseño de los fabricantes se trabaja con programas de computación altamente especializados, que permiten el diseño de reflectores y ópticas con superficies complejas

Incluso es posible producir faros con distribución variable de la luz. En los laboratorios se está trabajando con faros que tienen una cantidad de pequeños e individuales reflectores orientados de diferente forma. Por medio de la combinación inteligente de varios reflectores se obtiene la óptima distribución de la luz para cada condición de conducción.

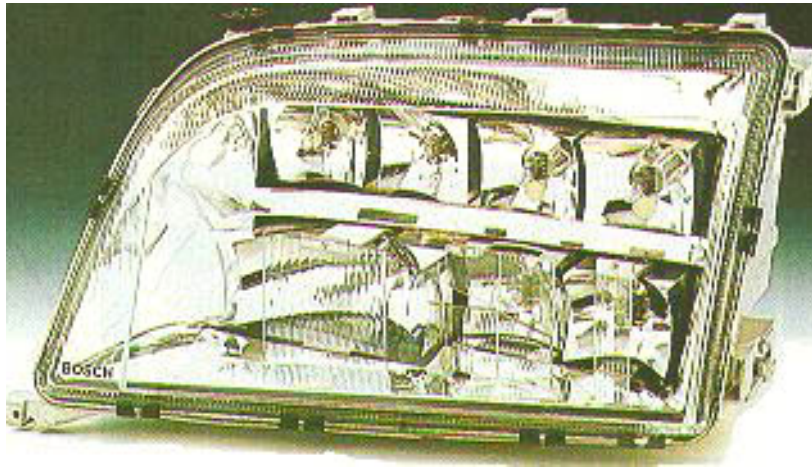


Figura 2.1.6: Proyector de última generación, provisto de reflectores múltiples.

2.1.4. Características de los faros.

Los primeros modelos de los faros utilizados en la industria automotriz fueron construidos con vidrio, eran frágiles y no aguantaban gran cantidad de calor.

Para su obtención el vidrio fundido se enfría lentamente, para evitar su cristalización, es un material cerámico obtenido a partir de materiales inorgánicos a altas temperaturas. El método es parecido al de la realización de los metales.

Los vidrios tienen varias propiedades que no se pueden encontrar en otros materiales de ingeniería. La combinación de transparencia y dureza a temperatura ambiente con suficiente fuerza y una excelente resistencia a la corrosión en la mayoría de los ambientes hacen al vidrio indispensable para muchas aplicaciones de ingeniería tales como construcción y vidriado de vehículos, además de la manutención de las lámparas

Hoy en día en la industria del automóvil se está empleando cada vez más lentes dispersoras de poli carbonato, en sustitución del vidrio, esto es un tipo de plástico o polímero.

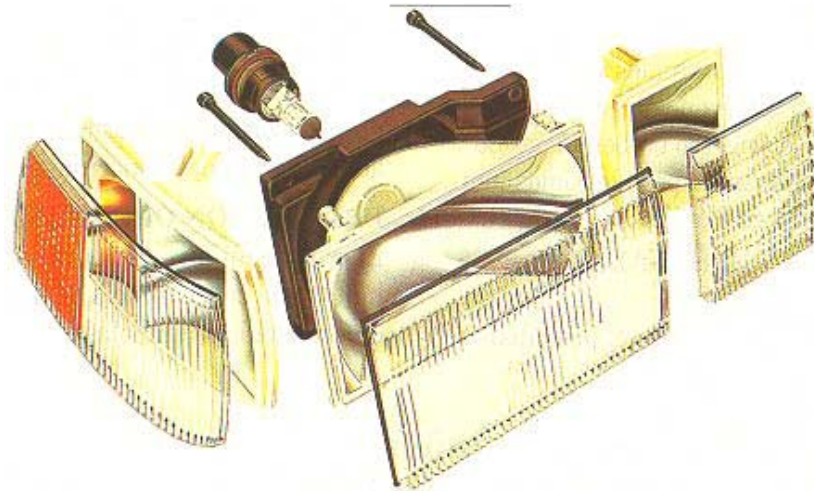


Figura 2.1.7: Los cristales de los faros modernos son ahora de poli carbonato, más liviano y resistente que el vidrio

Los polímeros son materiales formados por grandes moléculas; éstas a la vez están formadas por la unión de otras moléculas más pequeñas llamadas monómeros. Los monómeros son estructura de todos los polímeros. Los monómeros se unen entre sí para formar un polímero por medio de la polimerización. La polimerización consiste en unir varias moléculas pequeñas para formar moléculas más grandes. La base de estos materiales es el carbono.

Algunas ventajas sobre otros materiales:

- Son, en general, materiales ligeros.
- Son muy buenos aislantes de la electricidad.
- Son resistentes a la corrosión y a la acción de agentes químicos.
- Son fáciles de fabricar y su moldeo es sencillo y puede realizarse mediante diversos métodos.

Las razones son muy importantes en la vida de una industria automotriz ya que todo tiene que ver con el costo y la calidad.

Los principales puntos a favor son: menor peso, mejor calidad óptica y la posibilidad de lograr perfiles imposibles de moldear con vidrio. Según las previsiones, en el futuro se

fabricará de un 80 a un 90% de las lentes dispersoras en material plástico. Dos lentes de este tipo pesan de 800 a 900grs, mientras que una sola en vidrio ya pesa 1kg.

2.2. Análisis de Vibraciones.

2.2.1. Naturaleza de las vibraciones.

Se pueden considerar vibraciones como los movimientos oscilatorios de una partícula o cuerpo alrededor de una posición de referencia. El estudio de las vibraciones se refiere a los movimientos oscilatorios de los cuerpos y, a las fuerzas asociadas con ellos. Todos los cuerpos que poseen masa y elasticidad son capaces de vibrar. La mayoría de las máquinas y las estructuras experimentan vibración hasta cierto grado y, su diseño, requiere generalmente consideración de su conducta oscilatoria.

Los sistemas oscilatorios pueden clasificarse como lineales o no lineales. Para los sistemas lineales, rige el principio de la superposición y las técnicas matemáticas para su tratamiento están bien desarrolladas. Por el contrario, las técnicas para el análisis de sistemas no lineales son menos conocidas y difíciles de aplicar. Sin embargo, algún conocimiento de sistemas no lineales es deseable puesto que todos los sistemas tienden a volverse no lineales cuando crece la amplitud de la oscilación. Más adelante se retomará el tema de las técnicas de medida de vibraciones.

Hay dos clases generales de vibraciones, libres y forzadas.

La vibración libre es la que ocurre cuando un sistema oscila bajo la acción e fuerzas inherentes al sistema mismo y, cuando las fuerzas externamente aplicadas son inexistentes. El sistema bajo vibración libre vibrará a una o más de sus frecuencias naturales que, son propiedades del sistema dinámico que dependen de su distribución de masa y de rigidez.

La vibración que tiene lugar bajo la excitación de fuerzas externas es una vibración forzada. Cuando le excitación es oscilatoria, el sistema es obligado a vibrar a la frecuencia de excitación. Si ésta coincide con una de las frecuencias naturales del

sistema, se produce una situación de resonancia y ocurren oscilaciones peligrosamente grandes.

Todos los sistemas vibratorios están sometidos a cierto grado de amortiguamiento puesto que la energía se disipa por fricción y otras resistencias. Si el amortiguamiento es pequeño, tiene escasa influencia sobre las frecuencias naturales del sistema y, por consiguiente, los cálculos de las frecuencias naturales se hacen generalmente ignorando el amortiguamiento. Por otra parte, el amortiguamiento es de gran importancia como limitador de la amplitud de oscilación en resonancia.

El número de coordenadas independientes que se requieren para describir el movimiento de un sistema, es el grado de libertad del sistema. Así, una partícula libre que experimenta un movimiento general en el espacio tiene tres grados de libertad mientras que, un cuerpo rígido tendrá seis grados de libertad, tres componentes de posición y tres ángulos que definen su orientación. Además un cuerpo elástico continuo requerirá un número infinito de coordenadas (tres por cada punto) para describir su movimiento y, por lo tanto tiene infinitos grados de libertad. Sin embargo, en muchos casos puede suponerse que partes de dichos cuerpos son rígidas y el sistema puede considerarse como dinámicamente equivalente a uno con un número finito de grados de libertad. En efecto, un número sorprendente de problemas de vibración pueden ser tratados, con aproximación suficiente, reduciéndolos a un sistema con un grado de libertad.

2.2.2. Estudio de las vibraciones

2.2.2.1. Análisis de vibraciones.

Ya para hacer el análisis se debe de tomar en cuenta si va a ser un estudio de vibraciones. Esto refiere al análisis de una estructura bajo acción de una carga de intensidad variable del tiempo, que tiene por lo menos algunos componentes de la frecuencia cerca de los cuales sea o más arriba que la primera frecuencia natural del sistema y pueda por lo tanto excitar una respuesta resonante, en la cual caso, no es posible determinar el grado de la respuesta sin tomar en cuenta el de un análisis dinámico.

Muchas cargas son armónicas, es decir tienen varios componentes de la frecuencia, y pueden incluso ser descritas solamente por una distribución estadística de la frecuencia contra la carga o la energía (PSD) y son perceptibles no más largo como sistema de frecuencias discretas. Típicamente, al considerar la vibración, un análisis modal es realizado, seguido posiblemente por un análisis de la respuesta, requiriendo la especificación de humedecer para la estructura.

Se debe de tener en cuenta que un análisis de la vibración considerará cualquier efecto donde la estructura pueda resonar en respuesta a la carga. Esto no sucederá si la frecuencia de la carga es perceptiblemente más baja que la primera frecuencia natural de la estructura. La discusión antedicha extiende a las cargas “impulsivas” tales como un sople del sople de martillo, que es también armónico. Según lo ya descrito esto puede ser abastecido en un análisis estático descomponiendo en factores el impulso aplicado por dos. Esto es verdad sin embargo, proporcionando que no se instala ningunas resonancias en el sistema como resultado de la excitación dinámica de uno de los componentes armónicos de la carga.

2.2.2.2. Elemento finito como método para hacer análisis

El método del elemento finito es un procedimiento de la computadora que puede ser usado para analizar estructuras. Es un método numérico versátil que es ampliamente ocupado para resolver problemas cubriendo casi todo el espectro del análisis ingenieril. Aplicaciones comunes incluyen la estática, dinámica, y comportamiento térmico de sistemas físicos, y sus componentes. Avances en la tecnología de la computadora han hecho esto más fácil y eficiente para usar el software del elemento finito para la solución de problemas muy complejos de la ingeniería en computadoras personales.

Los resultados obtenidos con un análisis de elemento finito son raramente “exactos”, sin embargo una solución aproximada puede ser obtenida si se usa un modelo casi aproximado a la realidad de elemento finito.

Usando los métodos clásicos es probablemente la mejor manera para analizar las estructuras simples, sin embargo, su uso es restringido debido a su complejidad en un

sistema real. En tales casos, la mejor alternativa es, entonces una solución obtenida con el método del elemento finito.

Las principales diferencias entre los métodos clásicos y el elemento finito son el tipo de enfoque que se les da a las estructuras y el procedimiento de las soluciones dadas. El método clásico considera la estructura como una parte continua total cuyo comportamiento es gobernado por ecuaciones diferenciales ordinarias o parciales. El método del elemento finito considera a la estructura como un ensamble de partículas pequeñas de tamaño infinitesimal. El comportamiento de las partículas y la estructura total es obtenido formulando un sistema algebraico de ecuaciones que pueden ser fácilmente resueltas por una computadora. Las partículas pequeñas de tamaño finito son llamadas elementos finitos. Los puntos donde el elemento finito están interconectados son llamados nodos o puntos nodales y el procedimiento de "seleccionar" los nodos es llamado discretización o modelamiento.

Típicamente un análisis de elemento finito involucra siete pasos, 1 - 7 que requieren decisiones hechas por el usuario del programa de elemento finito. El resto del programa de pasos son automáticamente realizados por el programa de computadora.

Los pasos del análisis del elemento finito son²:

1. **Modelación de una estructura:** la estructura está dividida en elementos finitos. Procesadores, tales como el *SUPERDRAW* de algor, ayudan al usuario a crear la malla del elemento finito. Este paso es uno de los más cruciales en determinar la solución aproximada de un problema.
2. **Definir las propiedades del elemento:** en este paso, el usuario debe definir las propiedades del elemento y seleccionar los tipos de elementos finitos, que son los más apropiados para modelar el sistema físico.
3. **Ensamblar las matrices de dureza:** las matrices de dureza de un elemento consisten de coeficientes que pueden ser derivados del equilibrio, carga de peso, o un método de energía. La matriz del elemento de dureza relaciona los

² "Finite element modeling in engineering practice", SPYRAKOS, CONSTANTINE

desplazamientos nodales con una carga aplicada en los nodos. Ensamblando las matrices del elemento de dureza implica aplicaciones de equilibrio de toda la estructura.

4. **Definir condiciones de frontera:** se deben definir las condiciones de frontera para que pueda ser preformado el análisis.
5. **Aplicar las cargas:** externamente se aplican cargas concentradas o fuerzas uniformes, momentos, y movimientos subterráneos (si es el caso).
6. **Solucionar el sistema de ecuaciones algebraicas lineares.**
7. **Calcular cualquier tipo de análisis.**

2.2.2.3 Criterio de falla en el análisis de las vibraciones.

Para todos los tipos de análisis, se asume que la estructura se comporta elásticamente, es decir, la deformación experimente una deformación en la que se puede recuperar.

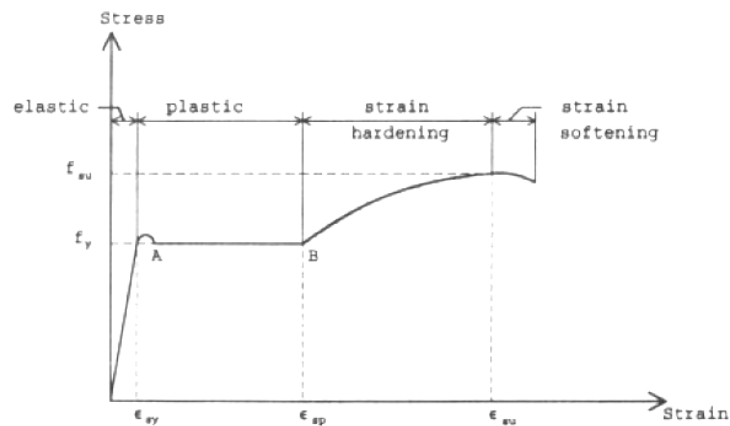


Figura 2.2.1: acero bajo carga estática.

Además, también se asume cuando se le aplican fuerzas, el sistema experimenta pequeñas deformaciones. La palabra “pequeñas” implica cambios infinitesimales en la geometría del sistema. En el estado elástico las tensiones y la deformación que se convierten en una estructura se definen únicamente sin importar el espacial una variación

del tiempo de las fuerzas aplicadas. Una vez que el estado elástico es excedido, un en una región sumamente pequeña de la estructura, la deformación no es recuperable y su futuro desarrollo depende si el material es dúctil o frágil. Los materiales dúctiles comúnmente usados son el acero suave, aluminio, cobre y en general casi todos los metales. Los materiales frágiles representativos son concreto no reforzado, vidrio y hierro fundido. La relación esfuerzo - deformación para un material duro, por ejemplo el concreto, en simple tensión es dada en la figura 2.2.2.

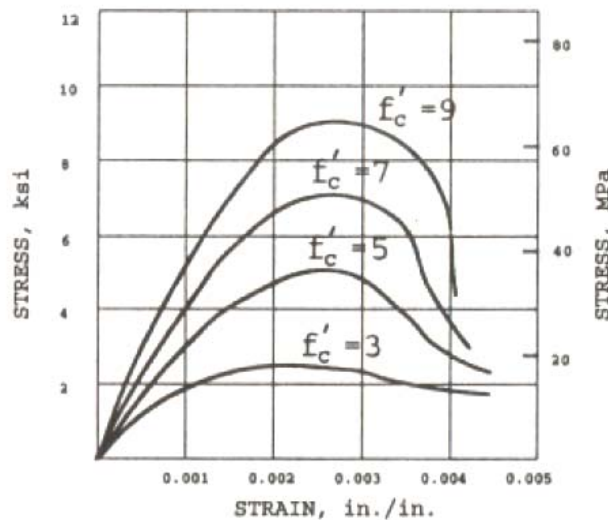


Figura 2.2.2: relación esfuerzo- deformación del concreto con fuerza de compresión en ksi.

Para materiales dúctiles, cuando la magnitud de la fuerza externa es substancial, la estructura experimenta una deformación permanente llamada deformación plástica. Las deformaciones plásticas son cambios permanentes en composición atómica de la estructura del material. Ellas son irreversibles y dependen en del tiempo la variación espacial y de las fuerzas aplicadas. Contrariamente al estado elástico, el plástico no puede ser definido. El tratamiento de los problemas no lineales del estático y de la dinámica está más allá del alcance de este texto y se puede encontrar en varias referencias.

Las deformaciones plásticas se desarrollan cuando la combinación de tensiones en una región en la estructura excede un valor crítico. La combinación crítica de los componentes de esfuerzos, que inicialmente eran deformaciones plásticas para materiales dúctiles y grietas para materiales frágiles, son matemáticamente expresados como una falla o criterio de falla. Cuando las regiones de una estructura tienen esfuerzos

después de un límite elástico, los resultados obtenidos a través de un análisis lineal son inválidos. En estática lineal y dinámico el análisis no evalúa deformaciones en estado plástico; sin embargo, se está conciente de que el sistema experimenta únicamente deformaciones lineares. La tarea de identificar regiones que tienen falla es complicada con la ayuda del criterio de falla.

El desarrollo de los esfuerzos plásticos como las grietas en un punto o sección en una estructura no es necesario que implique que la estructura ha fallado y que no puede soportar ninguna carga futura. Simplemente significa que en un análisis futuro usando la teoría elástica lineal no se van a poder dar resultados validos, por lo menos por la región que fallo.

Varias teorías compiten con el propósito de analizar el criterio de falla. En general, todas estas teorías proveen resultados similares. Los criterios mas ampliamente usados son los de *TRESCA* y *VON MISES* para materiales dúctiles, y *EL CRITERIO DE MÁXIMO NORMAL ESFUERZO* para materiales frágiles.

El criterio del *TRESCA* predice el rendimiento en un nivel generalmente más bajo de la tensión que el *VON MISES*. Sin embargo, el criterio *VON MISES* es más aceptado que el de *TRESCA* para materiales dúctiles.³

³ "Finite element modeling in engineering practice" *CONSTANINE C. SPYRAKOS*