Si la carga se halla á 1 metro de una pared y á 1'50 m. de la otra, será:

$$C=\frac{(a)^3\times20\times L}{d\times d'}=\frac{(20)^3\times20\times250}{100\times150}=2666\tfrac{2}{3}\text{ kilóg.}$$

Algunos prácticos admiten tambien la fórmula:

$D=3\times\sqrt[3]{C}$ para calcular el diámetro de los muñones correspondientes á árboles de hierro colado que deban suportar grandes cargas, siendo D el diámetro en centímetros, y C la carga en quintales métricos ó de cien kilógramos uno.

Ejemplo: Hallar el diámetro de los muñones del árbol de una rueda hidráulica cuyo peso total se gradúa en 25,000 kg. ó sean 250 quintales.

Si el muñon es de hierro colado tendrémos:

$D=3\times\sqrt[3]{250}=18'9$ centímetros.

Para obtener el diámetro correspondiente á los mismos muñones suponiéndolos de hierro forjado se usará de la fórmula $D=2'6\times\sqrt[3]{C}$ que en nuestro caso dará:

$D=2'6\times\sqrt[3]{250}=16'4$ centímetros.

Es decir, que si los muñones son de hierro forjado deberán tener un diámetro de 16 centímetros y 4 décimos, y si son de hierro colado, de 19 centímetros próximamente.

Resistencia á la torsion. Cuando un eje adquiere el movimiento de rotacion en virtud de una potencia cualquiera que tiende á hacerle girar en un sentido existe una resistencia constante que se opone á su rotacion, y estas dos fuerzas opuestas ejercen su accion tan gentilmente á la superficie del árbol ó de sus muñones y le someten á un esfuerzo llamado de torcion.

Si el árbol debe estar sometido á la flexion y á la torsion á un tiempo, se calcula separadamente su diámetro para cada uno de estos dos esfuerzos, y se le da el que corresponde al resultado mayor.

Por regla general se determina el diámetro del muñon y se obtiene el del árbol correspondiente añadiendo al resultado la décima parte.

El esfuerzo de torsion á que están sujetos los muñones de los ejes ó árboles aumenta con la potencia que deben transmitir y disminuye con el número de revoluciones que verifican por minuto. Por esta razon los mecánicos dividen los ejes ó árboles en tres clases. Son de primera clase los que están sujetos á mayor esfuerzo de torsion y que siendo considerable su carga transmiten toda la fuerza del motor; tales son los árboles de los volantes, de las ruedas hidráulicas, etc. Son de segunda clase los ejes ó árboles que reciben sin choques el movimiento de los de primera y llevan grandes ruedas dentadas; y son de tercera clase todos los árboles ó ejes secundarios de transmision que generalmente llevan poca carga.

Para determinar el diámetro de los muñones segun el esfuerzo de torsion á que están sujetos, se usa esta fórmula práctica $C\times c=D^3\times n$ en la cual, C representa el número de caballos de fuerza que el árbol debe trasmitir; D el diámetro del muñon en centímetros; n el número de revoluciones del árbol por minuto, y c un coeficiente variable segun los casos. En esta fórmula se podrá calcular una cualquiera de las tres cantidades C, D, n cuando se conozcan las otras dos, teniendo presente que el valor constante del coeficiente c es como sigue:

Muñones de árboles de 1.ª clase: $c=4370$ para el hierro forjado, y $c=6800$ para el hierro colado.

Muñones de árboles de 2.ª clase: $c = 2108$ para el hierro forjado, y $c = 3280$ para el hierro colado.

Muñones de árboles de 3.ª clase: $c = 1054$ para el hierro forjado, y $c = 1640$ para el hierro colado.

Si en la fórmula anterior se despeja la D se tendrá para el diámetro del muñon $D = \sqrt[3]{\frac{C \times c}{n}}$ es decir, que *para calcular el diámetro correspondiente á los muñones de un árbol ó eje cualquiera, se multiplicará el esfuerzo que transmite, en caballos, por el coeficiente respectivo, se dividirá el producto por el número de vueltas que dá en cada minuto, y del cociente se extraerá la raiz cúbica.* El resultado será la magnitud del diámetro en centímetros.

Ejemplos: 1.° Hallar el diámetro de los muñones para un árbol de primera clase que, dando 25 vueltas por minuto, debe transmitir la fuerza de 32 caballos.

Si es de hierro forjado tendrémos:

$$D = \sqrt[3]{\frac{32 \times 4370}{25}} = 17'7 \text{ centímetros.}$$

Si es de hierro colado se tendrá:

$$D = \sqrt[3]{\frac{32 \times 6800}{25}} = 20'5 \text{ centímetros.}$$

El diámetro del árbol en el primer caso será $17'7 + 1'77 = 19'47$ centímetros; y en el segundo $20'5 + 2'05 = 22'55$ centímetros.

2.° Determinar el diámetro de cada muñon para un eje ó árbol de segunda clase que transmite un esfuerzo de 20 caballos con una velocidad de 30 vueltas por minuto.

Si es de hierro forjado $D = \sqrt[3]{\frac{20 \times 2108}{30}} = 11'2$ cent.

Si es de hierro colado $D = \sqrt[3]{\frac{20 \times 3280}{30}} = 13$ cent.

El diámetro del árbol en el primero será $11'2 + 1'12 = 12'32$ cent. y en el segundo $13 + 1'3 = 14'3$ cent.

3.° Calcular el diámetro de los muñones para un árbol de tercera clase que ha de transmitir un esfuerzo de 3 caballos con una velocidad de 48 revoluciones por minuto.

Si es de hierro forjado $D = \sqrt[3]{\frac{3 \times 1054}{48}} = 4{,}03$ cent.

Si es de hierro colado $D = \sqrt[3]{\frac{3 \times 1640}{48}} = 4'7$ cent.

El diámetro del árbol será en el primer caso $4'03 + 0'403 = 4'433$ cent. y en el segundo $4'7 + 0'47 = 5'17$ centímetros.

Si conociendo el diámetro y el número de revoluciones de un árbol por minuto, se quiere averiguar la potencia á que puede sujetarse sin sufrir alteracion se despejará la C en la fórmula anterior y resultará $C = \frac{D^3 \times n}{c}$ cuyo resultado manifiesta, que *para hallar la potencia en caballos á que puede sujetarse un árbol, se multiplicará el cubo* *de su diámetro por el número de vueltas que da en cada minuto y el producto se dividirá por el coeficiente respectivo.*

Ejemplos: 1.° Hallar la potencia que puede transmitir un árbol de 1.ª clase que da 25 vueltas por minuto y cuyo diámetro es de 20 centímetros.

Si es de hierro colado dará $C = \frac{(20)^3 \times 25}{6800} = 29'4$ caballos.

Si es de hierro forjado. $C = \frac{(20)^3 \times 25}{4370} = 45'76$ caballos.

De modo, que el árbol de hierro colado podrá transmitir la fuerza de 29 caballos próximamente, y si es de hierro forjado transmitirá sin alteracion cerca de 46 caballos.

2.° Calcúlese la fuerza que transmitirá un árbol de 3.ª clase que hace 80 vueltas por minuto y su diámetro es de 5 centímetros.

De hierro colado . . $C = \frac{(5)^3 \times 80}{1640} = 6'1$ caballos.

De hierro forjado . . $C = \frac{(5)^3 \times 80}{1054} = 9'5$ caballos.

Es decir, que si el árbol en cuestion es de hierro colado transmitirá sin alterarse una potencia de 6 caballos, y si es de hierro forjado podrá transmitir una fuerza de 9 $^1/_2$ caballos próximamente.

En las fórmulas de que hemos hecho uso en este artículo se han puesto los coeficientes modificados atendiendo

á la carga y á la torsion á que están sujetos los árboles y sus muñones.

En las mismas fórmulas se observa que la fuerza de los muñones es proporcional al cubo de su diámetro, de donde resulta, que á diámetro doble, el árbol ó el muñon podrá transmitir un esfuerzo óctuplo porque 8 es el cubo de 2.

Si el árbol es de madera su resistencia en igualdad de circunstancias es la cuarta parte de la que corresponde al de hierro colado, y por esto, calculando el diámetro relativamente al árbol de hierro colado se hallará el del árbol de madera multiplicando el resultado por 1'6. Además, si el árbol es de hierro colado y tiene una longitud de 2 á 5 metros se hace su diámetro mayor que el de los muñones de $^1/_{10}$ á $^1/_5$ del de estos.

Resistencia de los techos ó suelos. Los techos ó suelos se forman con vigas ó latas llenando los intermedios con obra de ladrillo ó con madera.

Las vigas que sostienen un techo se hallan empotradas por sus dos extremos, y por esto la fórmula por cuyo medio se determina su resistencia y las dimensiones correspondientes á cada una, es $C \times L = 40 \times (a)^2 \times l$ que se ha obtenido anteriormente para una pieza de seccion rectangular cargada en su punto medio.

Rondelet admite, que cuando las vigas que forman un techo ó suelo se hallan á una distancia una de otra igual á su ancho, su grueso en sentido vertical debe ser los 4 centésimos de su longitud; pero en cuanto á las grandes vigas que sostienen todo el techo las coloca al través de las primeras á unos 4 metros de distancia una de otra y les da de grueso los 5 ó 6 centésimos de su total longitud.

Fundados en estas observaciones nos propondrémos calcular la resistencia total de un techo ó suelo, el esfuerzo correspondiente á cada viga y la seccion transversal que debe darse á cada una con arreglo á la carga que ha de suportar.

Aplicaciones: 1.ª Calcular la resistencia total de un techo ó suelo sostenido por 24 vigas de 5 metros de longitud, 16 centímetros de latitud ó ancho y 20 cent. de grueso ó espesor vertical.

El esfuerzo á que puede resistir una viga será:

$$C = \frac{40 \times (20)^2 \times 16}{500} = 512 \text{ kg.}$$ y la resistencia total de las 24 vigas, dará: $512 \times 24 = 12{,}288$ kg.

De modo, que el techo podrá suportar sin alterarse una carga uniformemente repartida de 12,288 kg.

2.ª Determinar el número de vigas y sus dimensiones para construir un suelo, que teniendo 4'5 metros de ancho y 8'40 metros de largo debe suportar una carga de 12,000 kilógramos.

La altura vertical ó grueso de cada viga será los cuatro centésimos de su longitud 4'5 metros, segun lo dicho anteriormente, y dará $4'5 \times 0'04 = 0'18$ metros.

La latitud ó ancho de cada una será, segun Rondelet, los cinco séptimos de su grueso, esto es, $0'18 \times {}^5\!/_7 = 0'13$ m.

Substituyendo estos valores en la fórmula anterior se tendrá la resistencia de cada viga: $$C = \frac{40 \times (18)^2 \times 13}{450} =$$ 374'4 kilógramos.

Ahora, como cada viga puede suportar sin sufrir alteracion una carga de 374 kg. próximamente, se hallará el

número de las vigas, partiendo la carga total 12000 kg. por la resistencia de cada una: 12000 \ 374 = 32 próximamente.

De manera, que para construir el expresado suelo se emplearán 32 vigas que tengan la correspondiente longitud de 4'5 m., 13 centímetros de ancho y 18 cent. de grueso ó altura vertical. Estas vigas igualmente repartidas en toda la longitud del suelo resistirán la carga total de 12000 kg. porque cada una podrá suportar con exceso y sin sufrir alteracion la de 374 kg.

En cuanto á las armaduras para sostener la cubierta de un edificio deberán adoptarse las que convengan mejor segun las circunstancias especiales de la obra, el peso que tenga toda la cubierta, la materia de que se forme esta, la resistencia de las paredes laterales en que debe apoyarse y las necesidades y exigencias de localidad.

Se llama *armadura* un conjunto de piezas enlazadas entre sí, de modo que forme un todo muy resistente. Las armaduras sirven para levantar grandes pesos, y tambien para cubiertas, en cuyo caso se llaman *cuchillos de armadura.*

Las armaduras constan de piezas verticales, horizontales ó inclinadas, ó de un conjunto combinado de unas y otras. Las piezas verticales estarán sujetas generalmente á la compresion, las horizontales á la traccion ó á la flexion y las inclinadas á la flexion y compresion. Por esto debe disponerse el conjunto de manera que haciendo la armadura mas resistente, las piezas, por su trabazon, se refuercen entre sí.

Las armaduras constan de dos partes: la *cercha* ó *cuchillo,* que determina la pendiente, y el *enlistonado* que se compone de las vigas destinadas á recibir la cubierta. Las piezas que forman el cuchillo de armadura son: los *pares*, que indican la pendiente de la cubierta; el *tirante*, que une los extremos inferiores de los pares; el *puente*, que es paralelo al tirante y sirve de apoyo á los pares; el *pendolon*, pieza vertical que ensamblada en el vértice del cuchillo á cola de milano, coje el tirante ó el puente por su punto medio uniéndose á él con una argolla, abrazadera, etc.; los *tornapuntas*, piezas inclinadas que apoyándose en la parte inferior del pendolon impiden la flexion de los pares: las *sopandas* que forman cuerpo con los pares para reforzarlos, desde el puente hasta el tirante; las *péndolas*, especie de pendolones que desde el punto de union del tornapuntas con los pares bajan hasta el tirante para reforzar este y aquellos; y el *sobretirante* que evitando el pandeo del tirante aumenta la escuadria de este y sujeta las péndolas para que los tornapuntas no las hagan resbalar.

Las piezas de un cuchillo de armadura pueden hacerse de hierro, con cuyo recurso se logrará solidez, economía y ventaja en el aprovechamiento del local. Para el empleo del hierro en los cuchillos de armadura, se tendrá presente que el hierro forjado es mas resistente á la traccion y el colado lo es mas á la compresion, y que para el esfuerzo de flexion, el primero está expuesto á doblarse y el segundo á romperse, principalmente si ha de sufrir algun choque.

Determinada la forma de los cuchillos de armadura se repartirá convenientemente el peso total entre el número de los que deban sostener la cubierta, y atendiendo á la resistencia correspondiente á cada pieza y á la clase de esfuerzo á que esté sujeta, segun su posicion particular, se calcularán sus dimensiones haciendo aplicacion de los principios sentados en este artículo de la resistencia de los materiales.

Dimensiones de las correas. Cuando una correa abraza dos poleas ó una polea y un tambor para comunicar ó transmitir el movimiento, con el fin de procurar la conservacion de las correas, deben llenarse en cuanto sea posible las condiciones siguientes: 1.ª que la superficie de las poleas sea lisa y no tenga estrias; 2.ª que la correa abrace el mayor arco posible de la polea ó tambor; y 3.ª que no tenga demasiada tension y las poleas que abraza tengan sus diámetros en una relacion que no exceda nunca de 1 á 3.

El distinguido ingeniero Mr. Carillion, admite que una correa puede transmitir sin alteracion sensible la fuerza de un caballo cuando su ancho y su velocidad son tales que en un segundo desarrolla 1500 centímetros cuadrados de su superficie. Mediante este principio y recordando que la superficie de la correa desarrollada será igual á su ancho multiplicado por su velocidad, podrémos establecer la fórmula $l \times v = C \times 1500$ en la cual l representa la latitud ó ancho de la correa en centímetros; v la velocidad por segundo tambien en centímetros, y C la fuerza que transmite expresada en caballos: por manera que conociendo dos de dichas cantidades se podrá determinar fácilmente la tercera.

Despejando en esta fórmula el ancho ó latitud l de la correa, resulta $l = \dfrac{C \times 1500}{v}$ que da la siguiente regla general: *Para calcular el ancho que debe tener una correa, multiplíquese la fuerza que transmite en caballos por el número constante* 1,500 *y divídase el producto por el número de centímetros que desarrolla en cada segundo ó sea por su velocidad:* el resultado expresará el ancho ó latitud de la correa en centímetros.

Ejemplo: Calcular la latitud ó ancho de una correa que con una velocidad de 3'25 metros por segundo debe transmitir la fuerza de 2'5 caballos.

Segun la fórmula se tendrá: $l = \dfrac{2'5 \times 1500}{325} = 11'5$ cent.

Es decir, que el ancho de la correa deberá ser de 11 ½ centímetros próximamente.

TRANSMISIONES DE MOVIMIENTO.

Las máquinas que generalmente se emplean en la industria están compuestas de una série de piezas que se comunican el movimiento y la fuerza de una á otra desde el motor principal hasta el aparato que confecciona la obra. Por esta razon se designan estas piezas y aparatos con los nombres mas apropiados segun el oficio á que se destinan y el efecto que produce cada uno.

Los motores son las fuerzas motrices que proporciona la naturaleza como: los hombres y animales, el agua, el vapor y el viento. El aparato que recibe directamente la fuerza y accion del motor se llama *receptor,* tal es la rueda hidráulica, las aspas del molino de viento, el émbolo de un cilindro de vapor, etc. El aparato ó máquina que confecciona la obra se llama *útil,* simplemente *máquina,* ó se le da la denominacion del objeto á que se la destina, como *máquina de hilar, de aserrar, de pulir, de imprimir,* etc. Las piezas que sirven para transmitir el movimiento y la fuerza desde el motor ó receptor hasta el útil ó máquina cuyo destino es la confeccion de la obra se llaman *transmisiones ó piezas de transmision;* tales son *los árboles de*

segunda clase con fuertes ruedas de engranaje, los *embarrados,* etc.

En el lugar correspondiente nos ocuparémos de los motores y de su clasificacion, y en este capítulo hablarémos solamente de la transmision y transformacion del movimiento así como de los mecanismos y piezas de que se hace uso para lograrla.

En las máquinas se notan tres clases de movimiento: rectilíneo, circular y curvilíneo. El *movimiento rectilíneo* es el que tiene un cuerpo cuando sigue constantemente la línea recta; *el movimiento circular* es el que tiene un punto que recorre una circunferencia ó parte de ella, y *movimiento curvilíneo* es el que afecta un cuerpo al seguir una curva cualquiera que no sea el círculo.

Estos movimientos pueden ser contínuos ó alternativos; son *contínuos* si obran siempre en el mismo sentido, y *alternativos ó de vai-ven* cuando obran en un sentido recorriendo cierto espacio y retroceden en sentido opuesto recorriendo espacio igual.

Los indicados movimientos ofrecen treinta transformaciones diversas, que algunos mecánicos reducen á veinte y una en atencion á que las restantes no tienen ningun uso en las máquinas conocidas.

Así el movimiento rectilíneo contínuo puede transformarse en rectilíneo contínuo, en rectilíneo alternativo, en circular contínuo, en circular alternativo, en curvilíneo contínuo, y en curvilíneo alternativo. El movimiento rectilíneo alternativo se puede transformar en rectilíneo alternativo, en circular contínuo y alternativo, y en curvilíneo alternativo. El movimiento circular contínuo se transforma en rectilíneo alternativo, en circular contínuo, en circular alternativo, en curvilíneo contínuo, y en curvilíneo alternativo. El movimiento circular alternativo se