

DIMENSIONAMIENTO DE EJES

Profesor: Ing. Guido Gomez U.

Dpto de: Ingeniería Mecánica

FCyT- UMSS

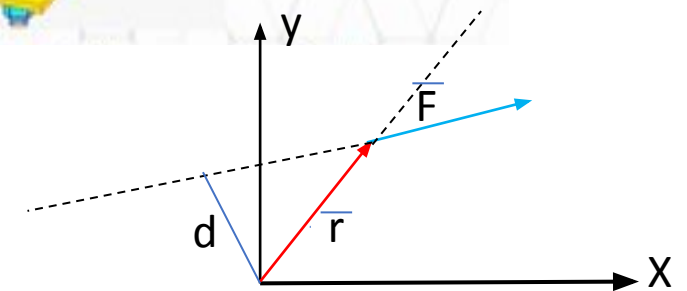
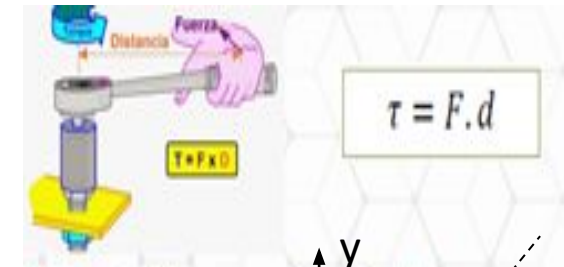
FUERZA - TORQUE

Fuerza:

- Es un ente físico que aplicado sobre un cuerpo produce un movimiento rectilíneo acelerado. Unidades: Nt ... Kgf
- Es un vector:
 - En el plano: $\vec{F} = (F_x, F_y)$ En el espacio $\vec{F} = (F_x, F_y, F_z)$
- Resultante de un sistema de fuerzas:
 - En el plano: $\vec{R} = (R_x, R_y)$
 - $R_x = \sum F_{xi}$
 - $R_y = \sum F_{yi}$
 - En el espacio: $\vec{R} = (R_x, R_y, R_z)$
 - $R_x = \sum F_{xi}$
 - $R_y = \sum F_{yi}$
 - $R_z = \sum F_{zi}$

Torque:

- Es un ente físico que aplicado sobre un cuerpo produce un movimiento angular acelerado. Unidades: Nt-mt...Kg-m
- El torque producido por una fuerza es el producto vectorial por su posición
 - $\vec{T} = \vec{F} \times \vec{r}$
- Es un vector:
 - En el plano: $\vec{T} = (T_x, T_y)$ En el espacio $\vec{T} = (T_x, T_y, T_z)$
- Su magnitud también puede hallarse como:
 - $T = F \cdot d$ donde d= brazo mas corto de su línea de acción



$$|\vec{T}| = |\vec{F} \times \vec{r}| = F \cdot d$$

TRABAJO - ENERGIA

Trabajo:

El trabajo realizado por una fuerza es el producto de su componente en dirección del desplazamiento por la distancia recorrida:

$$W = F \cdot d \cdot \cos \theta$$

Energía:

Es un atributo de todo cuerpo o sistema material, en virtud al cual pueden transformarse su situación o estado

Energía cinética:

Todo cuerpo en movimiento posee energía cinética que puede transformarse en energía potencia o transferirlos a otros y efectuar un trabajo

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Energía Potencial gravitatoria:

Todo cuerpo situado a una altura tiene una energía potencial que puede transformarse en energía cinética o efectuar un trabajo.

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Energía potencia elástica:

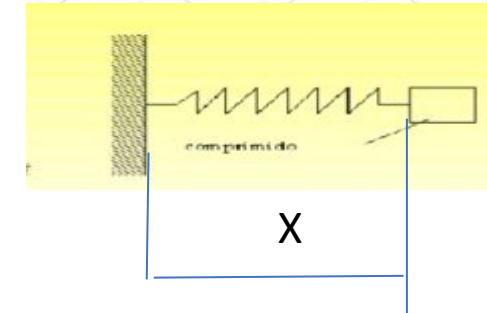
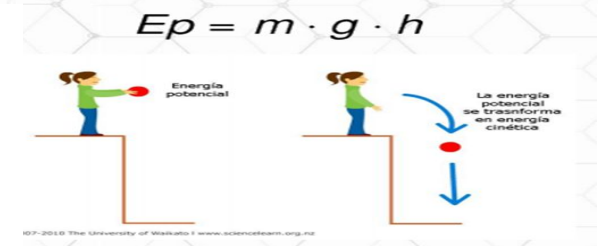
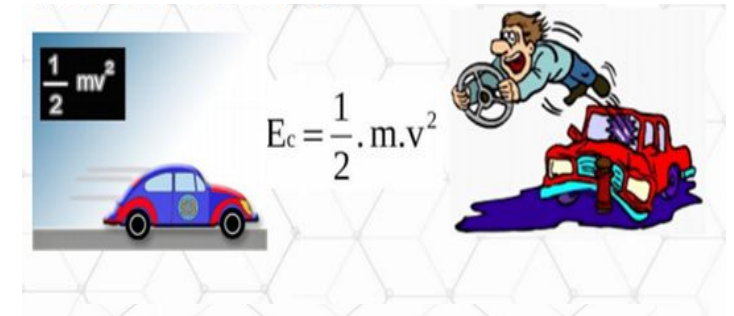
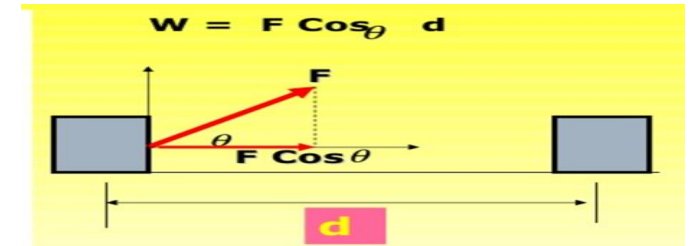
Es la energía almacenada en un cuerpo elástico, que puede transformarse en energía cinética o efectuar un trabajo

$$E_k = \frac{1}{2} K \cdot X^2$$

Energía de rozamiento:

Es la energía perdida debido a la fuerza de rozamiento que hay entre dos superficies

$$E_f = f_r \cdot d \dots f_r = \mu \cdot N$$



CONSERVACION DE LA ENERGIA

□ Energía química:

Es la energía interna que posee un cuerpo o una sustancia, en base a los tipos de uniones químicas que se producen entre sus componentes y a la cantidad de energía que puede liberarse a partir de reacciones entre ellos. Esto puede ocurrir en presencia de fuentes de calor o de otras sustancias con las que se produce un intercambio de partículas.

□ Energía eléctrica:

La **energía eléctrica** es una forma de **energía** que se deriva de la existencia en la materia de cargas **eléctricas** positivas y negativas **que se** neutralizan. La **energía eléctrica** puede transformarse en muchas otras formas de **energía**, tales como la **energía** luminosa o luz, la **energía** mecánica y la **energía** térmica.

$$W = U * I * t \quad (\text{joules})$$

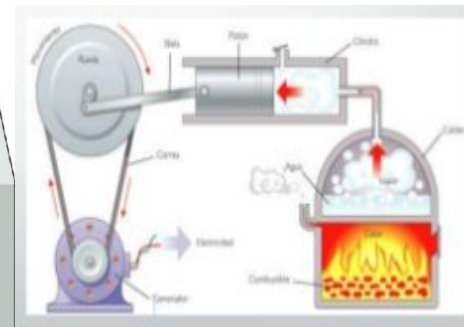
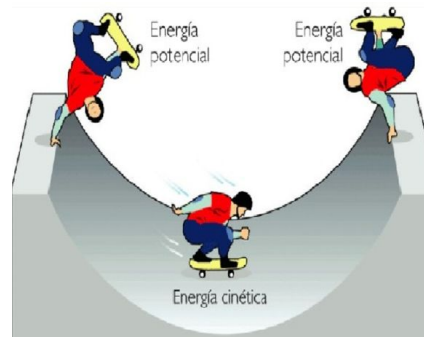
U= Tensión (volts)

I= Corriente (amperes)

t= Tiempo (seg)

□ Conservación de la energía:

“La energía en un sistema no se crea ni se destruye solo se transforma”



POTENCIA

➤ Potencia:

- Es la capacidad de realizar un trabajo en el menor tiempo posible
- Es la velocidad de la transformación de energía

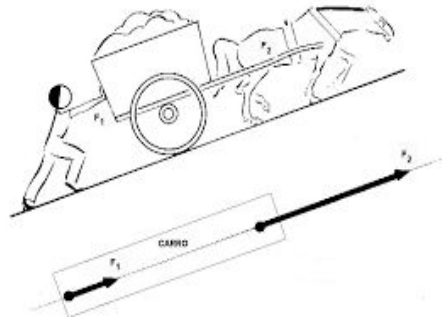
$$\text{Pot} = \frac{W}{t} = (\text{Watz}) \dots W = (\text{joules}) \quad t = (\text{seg})$$

- el **kiloWatio (kW)**, cuya equivalencia es: **1 kW = 1000 W**
- el **Caballo de vapor (CV)**, cuya equivalencia es: **1 CV = 735 W**

➤ Potencia para traslación:

$$\text{Pot} = \frac{F \cdot V}{75} (\text{Hp})$$

- F (Kgf)
- V (m/seg)



➤ Potencia para rotación:

$$\text{Pot} = \frac{Mt \cdot w}{75} (\text{Hp})$$

- Mt (Kgf-m)
- W (rad/seg)
- n (rpm)



$$W = \frac{2\pi \cdot n}{60}$$

➤ Potencia para corte:

$$\text{Pot} = \frac{Fc \cdot Vc}{75} (\text{Hp})$$

- Fc = Fuerza de corte (Kgf)
- Vc = Velocidad de corte (m/seg)



➤ Potencia para vencer inercias

$$\text{Pot} = \frac{Mt \cdot w}{75} (\text{Hp})$$

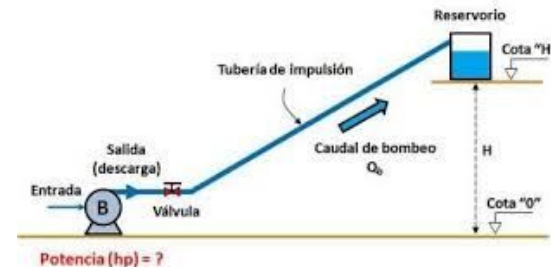
- $Mt = I \cdot \alpha = (Nt \cdot m) \cdot 1/9,8 = (Fgf \cdot m)$
- $I = \sum m \cdot r^2 = (kg \cdot m^2)$
- $\alpha = \frac{W}{t} (\text{rad/seg}^2)$
- t = Tiempo para entrar en régimen permanente t = 0,1..... 28 Seg



➤ Potencia hidráulica

$$\text{Pot} = \frac{P \cdot Q}{75} (\text{Hp})$$

- $P = \gamma \cdot h = (Kgf/m^2)$
- $Q = (m^3/\text{seg})$



□ Potencia eléctrica:

$$P = V \cdot I$$

Donde:
P es la potencia en vatios (W).
V es el voltaje (V).
I es la intensidad (A).

SISTEMA DE FUERZAS

a) Fuerzas concurrentes:

- Todas las líneas de acción se cortan en un solo punto
- Producen solo movimiento de traslación
- Se puede reemplazar por una Fuerza Resultante
- **Ecuaciones en equilibrio**

- En el plano:

$$\sum Fx = 0 \quad (1)$$

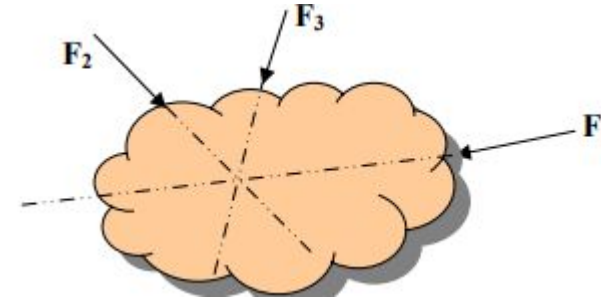
$$\sum Fy = 0 \quad (2)$$

- En el espacio:

$$\sum Fx = 0 \quad (1)$$

$$\sum Fy = 0 \quad (2)$$

$$\sum Fz = 0 \quad (3)$$



b) Fuerzas No concurrentes:

- Al menos una línea de acción no se corta en un mismo punto
- Producen movimiento de traslación y rotación
- Se puede reemplazar por una Fuerza Resultante y un momento resultante
- **Ecuaciones en equilibrio**

- En el plano:

$$\sum Fx = 0 \quad (1)$$

$$\sum Fy = 0 \quad (2)$$

$$\sum M = 0 \quad (3)$$

- En el espacio:

$$\sum Fx = 0 \quad (1)$$

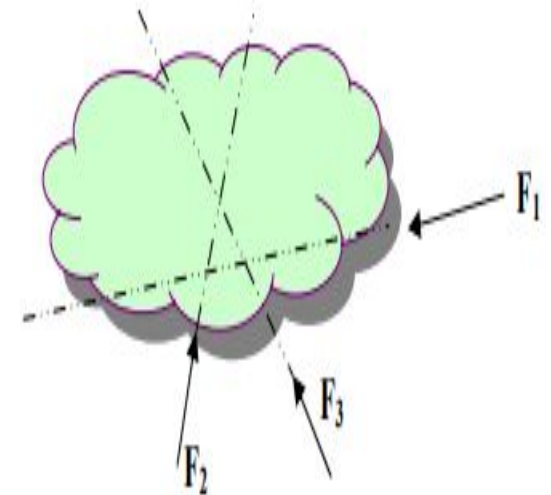
$$\sum Fy = 0 \quad (2)$$

$$\sum Fz = 0 \quad (3)$$

$$\sum Mx = 0 \quad (4)$$

$$\sum My = 0 \quad (5)$$

$$\sum Mz = 0 \quad (6)$$

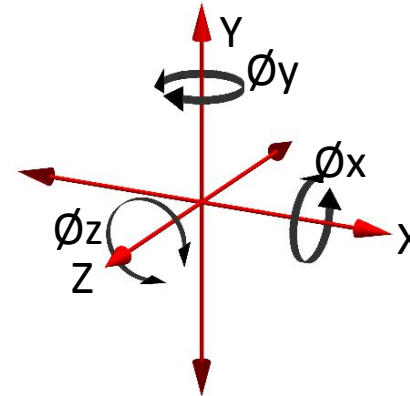
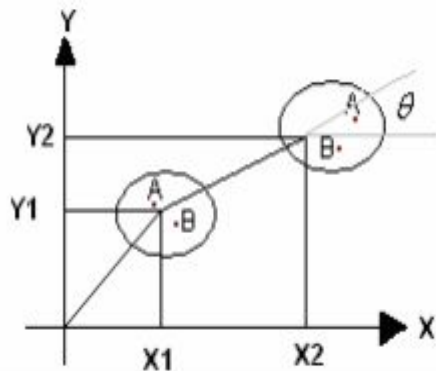


TIPOS DE APOYOS

▣ **Grados de libertad:** Numero de coordenadas linealmente independientes, necesarias para describir el movimiento de un cuerpo

▣ **En el plano** = $(x, y, \phi) = 3$

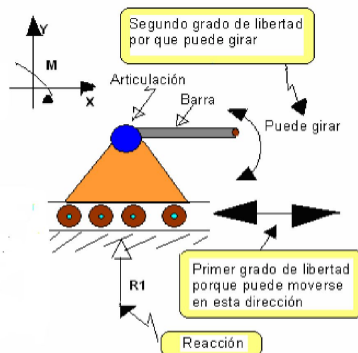
En el espacio = $(x, y, z, \phi_x, \phi_y, \phi_z) = 6$



▣ **Reacciones:** son los grados de libertad restringidos

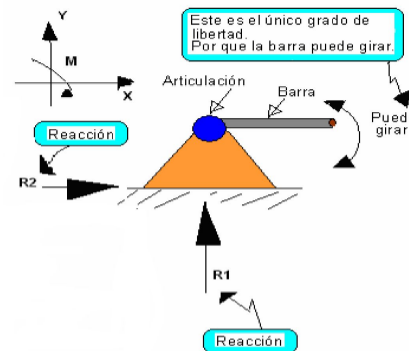
▣ **Tipos de apoyos:**

a) Articulación móvil



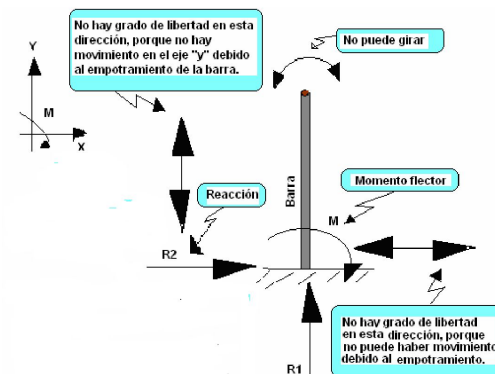
$GL = (X, 0, \phi) = 2$ $R = (0, R_y, 0) = 1$

b) Articulación fija



$GL = (0, 0, \phi) = 1$ $R = (R_x, R_y, 0) = 2$

c) Empotramiento



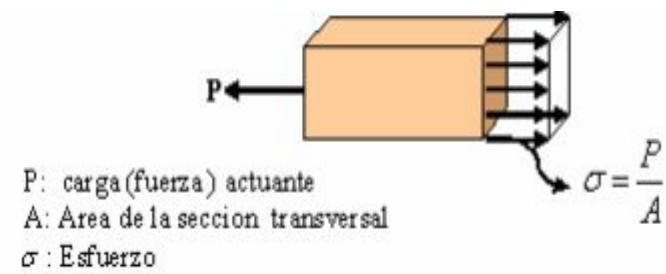
$GL = (0, 0, 0) = 0$ $R = (R_x, R_y, M) = 3$

Resumen:

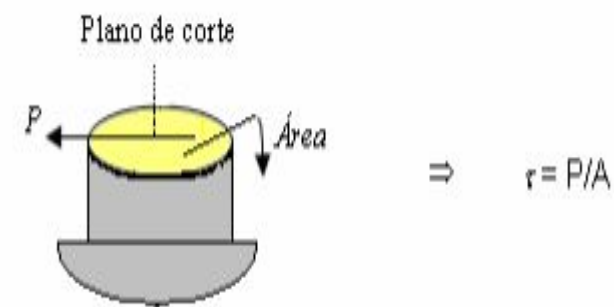
ESQUEMA	REACCIONES	DENOMINACIONES	OBSERVACIONES	G. L.
	R_y	Apoyo móvil rodillo	Una reacción — Una vertical	2
	R_y R_x	Apoyo fijo pasador	Dos reacciones — Una vertical — Una horizontal	1
	R_y R_x M	Empotramiento perfecto	Tres reacciones — Una vertical — Una horizontal — Un momento flector	0

EFFECTOS Y TENSIONES

Tensiones normales simples:



Tensiones cortantes simples:

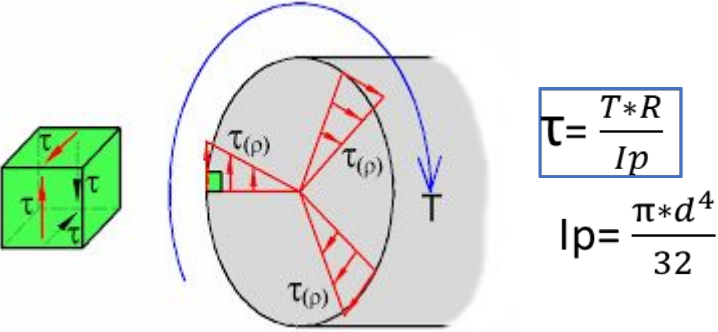


Tensiones normales debido a la flexión:

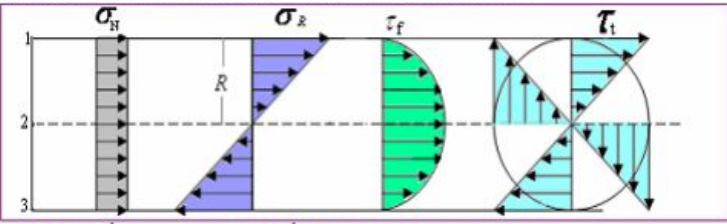


$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$$

Tensiones cortantes a la torsión:



Tensiones combinadas:

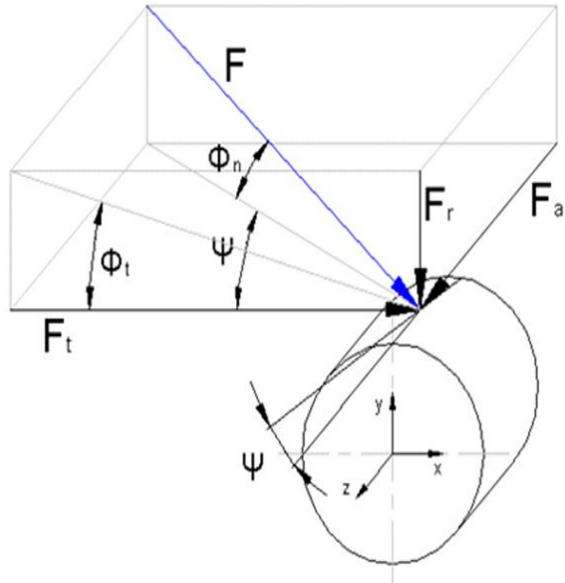


Elemento con estado de tensiones	Ecuaciones para el calculo	
	$\sigma_x = \frac{N}{A} + \frac{M_R \cdot R}{I}$	$I = \frac{\pi \cdot \phi^4}{64}$
	$\tau_{max} = \frac{M_t \cdot R}{I_p}$	$I_p = \frac{\pi \cdot \phi^4}{32}$

Ecuación para la tensión máxima	Ecuación para la cortante máxima
$\sigma_{max} = \left(\frac{\sigma_x}{2} \right) + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2} \right)^2 + (\tau)^2} \leq \bar{\sigma}$	$\tau_{max} = R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2} \right)^2 + (\tau)^2} \leq \bar{\tau}$

FUERZAS ELEMENTOS DE TRANSMISION

□ Fuerzas en engranajes:



$$Pot = \frac{Mt * W}{75} \text{ (Hp)}$$

$$F_t = \frac{2 Mt}{d}$$

$$F_r = F_t \operatorname{Tg} \phi_t$$

$$F_a = F_t \operatorname{Tg} \psi$$

$$\operatorname{Tg} \phi_t = \frac{\operatorname{tg} \phi_n}{\cos \psi}$$

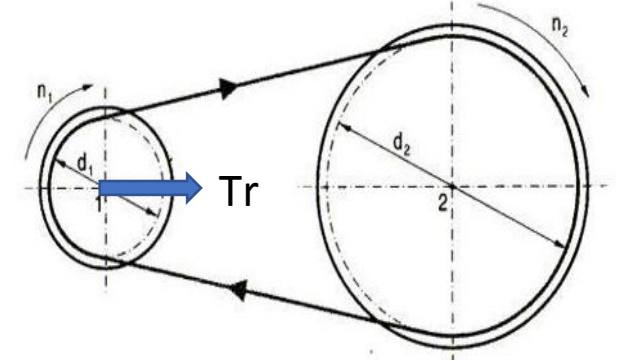


□ Fuerzas en correas:

$$Mt = (T_1 - T_2) * \frac{d}{2}$$

$$T_1 = T_2 * e^{\mu \theta}$$

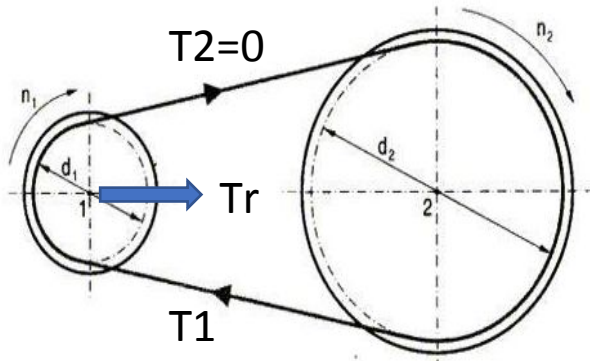
$$T_r = T_1 + T_2$$



θ = Angulo de abrazamiento = aprox = π (rad)

μ = coeficiente de rozamiento correa-polea = aprox = 0,4

□ Fuerzas en cadenas:



$$Mt = T_1 * \frac{d}{2}$$

$$T_2 = 0$$

$$T_r = T_1$$

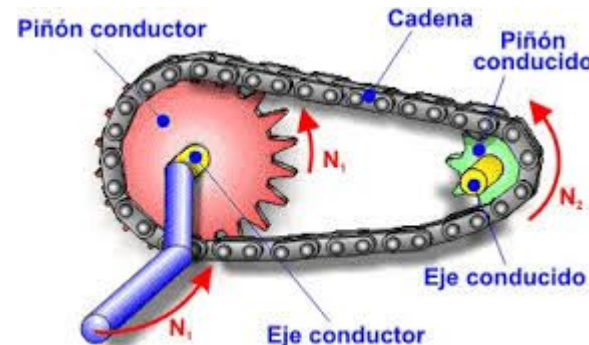


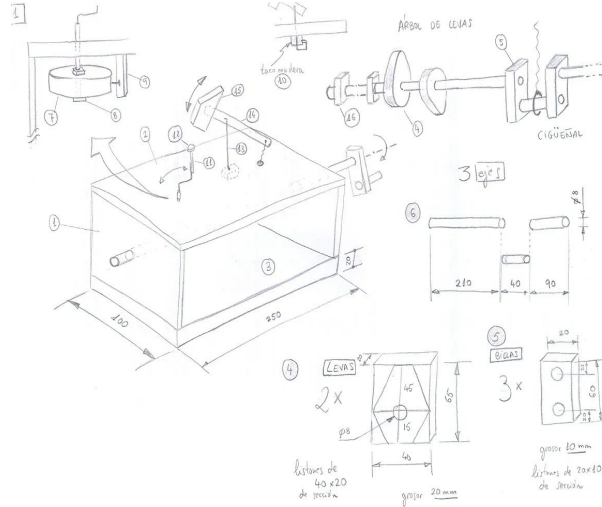
FIG. 6. Transmisión generada por el software desarrollado

PASOS PARA EL CALCULO Y DIMENSIONAMIENTO

Paso 1.- Diseño del mecanismo de aplicación (corazón de la máquina)

Fuentes:

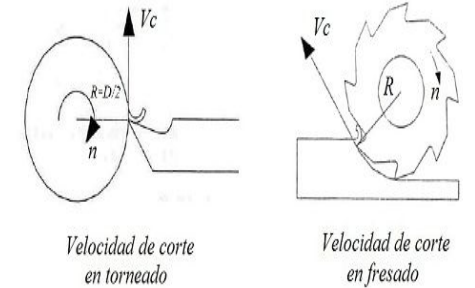
- Bibliografía
- Catálogos
- Internet
- Maquinas similares
- Diseño propio



Paso 2.- Determinar la **velocidad optima** de procesamiento

Fuentes:

- Bibliografía
- Catálogos
- Internet
- Maquinas similares
- Pruebas de laboratorio



Paso 3.- Determinar la **potencia efectiva** de procesamiento

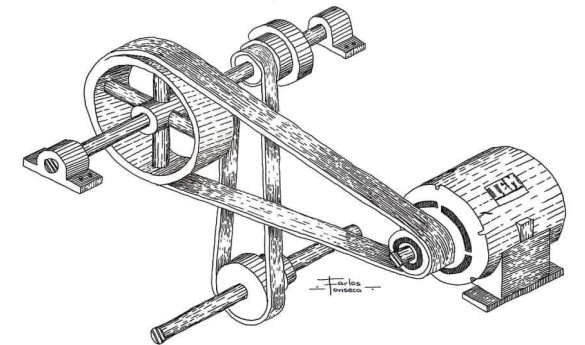
Fuentes:

- Bibliografía
- Internet
- Modelo propio

Paso 4.- Análisis comparativo de la potencia calculada

Fuentes:

- Catálogos
- Internet
- Maquinas similares



Paso 5.- Selección del motor eléctrico:

Potencia de servicio= Ks* Pot

Potencia del motor: $Pot_{motor} = \frac{Pot}{\eta}$ η = rendimiento del motor
= aprox 0,8...0,9

Tabla para Motores Trifásicos					
Capacitores para compensar motores asincrónicos trifásicos 3 x 400 Vca. 50 Hz.					
Potencia en el eje. (H.P.)	Potencia en el eje. (KW)	Velocidad de sincronismo. (R.P.M.)	Corriente a plena carga. (A.)	Potencia React. Capac.Optima. (KVAR)	Capacitor en KVAR
1	0,75	750	2,475	0,5586	0,75
		1000	2,275	0,5173	0,50
		1500	2,038	0,3800	0,50
		3000	1,838	0,2750	
1,5	1,1	750	3,475	0,9387	1,00
		1000	3,275	0,7210	0,75
		1500	2,763	0,6538	0,75
		3000	2,550	0,3570	0,50
2	1,5	750	4,063	0,9149	1,00
		1000	3,976	0,8533	1,00
		1500	3,600	0,7686	0,75
		3000	3,417	0,3740	0,50
3	2,2	750	6,000	1,5176	2,00
		1000	5,525	1,0213	1,00
		1500	5,150	0,9247	1,00
		3000	4,925	0,4450	0,50
4	3	750	7,813	2,0300	2,00
		1000	7,463	1,5500	1,00
		1500	6,950	1,3400	1,00
		3000	6,288	0,5660	0,50
5,5	4	750	10,215	2,6700	3,00
		1000	9,875	1,9950	2,00
		1500	8,600	1,5500	1,00
		3000	8,140	0,6600	0,75
7,5	5,5	750	13,800	3,3675	3,00
		1000	13,500	2,6100	2,00
		1500	11,750	1,8500	2,00
		3000	11,313	0,6900	0,75
10	7,5	750	18,225	4,3290	4,00
		1000	16,850	3,3300	3,00
		1500	15,650	2,5500	2,00
		3000	14,763	0,8100	0,75
15	11	750	25,815	5,8640	6,00
		1000	24,520	4,5100	5,00
		1500	22,000	3,2240	3,00
		3000	22,038	1,7600	2,00
20	15	750	33,800	8,0000	8,00
		1000	31,480	5,3800	5,00
		1500	30,060	4,6370	5,00
		3000	28,840	2,3200	2,00
25	18,5	750	38,000	7,5600	7,00
		1000	38,200	7,3200	7,00
		1500	38,100	5,0150	5,00
		3000	34,760	3,5000	3,00
30	22	750	44,000	10,3200	10,00
		1000	45,380	8,9600	9,00
		1500	44,620	6,4100	6,00
		3000	41,780	4,8100	5,00
40	30	750	60,000	12,3800	12,00
		1000	58,000	10,7600	10,00
		1500	56,850	9,4000	10,00
		3000	56,430	6,6200	7,00
50	37	750	75,000	17,6200	17,00
		1000	71,000	12,7500	12,00
		1500	70,000	11,7640	12,00
		3000	70,450	8,4520	8,00
60	45	750	89,000	19,9500	20,00
		1000	86,000	15,9500	16,00
		1500	84,000	13,1400	13,00
		3000	83,000	9,1380	10,00
Los valores de esta tabla se han calculado como promedio de los motores normalizados de plaza. Por lo tanto pueden encontrarse diferencias con algun modelo en particular.					

Calculo de la potencia Corregida:

Máquinas motrices	Motores eléctricos cd = 2 cn Motores térmicos multicilindros > 600 rpm			Motores eléctricos c maxi > 2 cn Monocilindro < 600 rpm		
	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d
Cargas uniformes ligeras: Agitadores para líquidos, bombas y compresores centrifugos-ventiladores hasta 7.5 Kw Pequeños transportadores	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Cargas uniformes medias: Transportadores de cinta (arena, grano) Ventiladores superiores 7.5 Kw Generadores-alternadores, máquinas herramientas Maquinaria artes gráficas, prensas, cizallas, lavadoras, bombas rotativas.	1,1	2	1,3	1,2	1,3	1,4
Cargas irregulares con sobrecargas: Maquinaria para ladrillos y cerámica Elevadores con canchilones. Compresores y bombas de pistones. Maquinaria papel. Pulverizadores. Maquinaria textil.	1,2	3	1,4	1,4	1,5	1,6
Cargas irregulares y sobrecargas importantes: Molinos, machacadoras, laminadoras, calandras mezcladoras. Gruas, dragas.	1,4	4	1,5	1,5	1,6	1,8
Cargas muy irregulares y grandes sobrecargas.	2	2	2	2	2	2

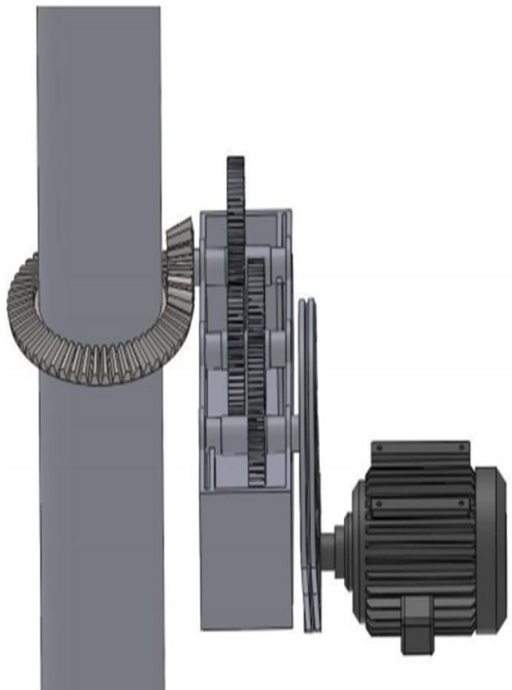
Pc = Factor de servicio * Pot

Motor	Rotación sincrónica	
	60 Hz	50 Hz
2 polos	3.600 rpm	3.000 rpm
4 polos	1.800 rpm	1.500 rpm
6 polos	1.200 rpm	1.000 rpm
8 polos	900 rpm	750 rpm

Paso 6.- Diseño del tren de velocidades:

Características de los mecanismos de transmisión

Característica	Ruedas fricción	Engranajes rectos	Correas planas	Correas trapezoidales	Correas síncronas	Cadena
Potencia máx. [kW]	80	80000	200	350	120	400
Par máximo [kNm]	5	7000	3	5	1	40
Velocidad lineal máx [m/s]	20	30	100	30	60	10
Rendimiento	0.95	0.97	0.87	0.97	0.96	0.95
Velocidad mínima (rpm)	s	n	200	150	n	n
I =W1/W2 máxima	3/1	4/1	20/1	6/1	8/1	8/1
Tensión requerida	s	n	s	s	n	n
Carga en rodamiento	alta	baja	alta	alta	baja	baja
Precisión	media	alta	baja	baja	baja	media
Deslizamiento	s	n	s	s	n	n
Ruido	bajo	medio	bajo	bajo	bajo	alto
Limitador de carga	s	n	s	s	n	n
Precio	bajo	alto	bajo	medio	medio	medio



Paso 6.- Calculo y dimensionamiento de elementos de maquinas

6.1.- Dimensionamiento de Engranajes

6.2.- Dimensionamiento de correas

6.3.- Dimensionamiento de cadenas

6.4.- Dimensionamiento de ejes

6.5.- Dimensionamiento de chavetas

6.6.- Dimensionamiento de cojinetes

Velocidad muy baja < 100 rpm

Velocidad baja : 100 rpm .. 500 rpm

Velocidad medias : 1000 a 2000 rpm

Velocidad alta: 2000 a 3500 rpm

Velocidad muy altas > 3500 rpm

EJEMPLO 1: Calculo y dimensionamiento de un guinche

Datos:

- Capacidad max.= 500 Kg
- Trabajo: 8 Hrs./dia

Paso 1.- Diseño del mecanismo :

Paso 2.- Determinación de la velocidad optima de proceso:

- De catálogos: $V = 10 \dots 40 \text{ m/min}$
- Sea $V = 20 \text{ m/min} = 0,33 \text{ m/seg.}$

Paso 3.- Cálculo de la potencia efectiva:

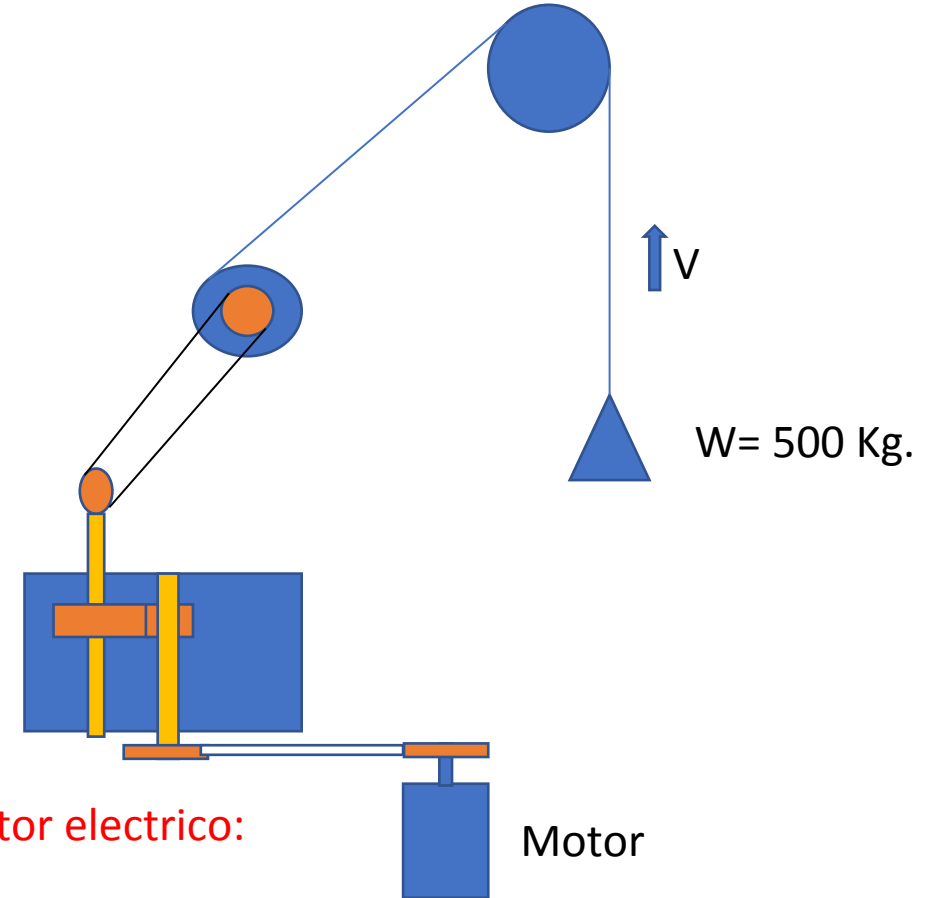
$$\text{Pot} = \frac{F \cdot V}{75} = \frac{500 \cdot 0,33}{75} = 2,2 \text{ hp}$$

Paso 4.- Cálculo de la potencia requerida:

$$\text{Potr} = \eta \cdot \text{Pot} = 1,1 \cdot 2,2 = 2,42 \text{ hp}$$

Paso 5.- Selección del motor electrico:

- $\text{Pot} = 3 \text{ hp}$
- $n = 1500 \text{ rpm}$



EJEMPLO 1: Calculo y dimensionamiento de un guinche

Paso 6.- Diseño del mecanismo de reducción de velocidades:

Velocidad del tambor:

$$V = W \cdot R = 2\pi \cdot n \cdot R$$

Sea diametro del tambor= 30 cm= 0,3 m

$$n = \frac{V}{2\pi \cdot R} = \frac{20}{2\pi \cdot 0,15} = 21 \text{ rpm}$$

n5= 21 rpm

Selección de velocidades:

1era aproximación:

$$I_{34} = \text{Cadena} = \frac{n_3}{n_4} = \frac{4}{1} \dots\dots\dots n_3 = 4 \cdot 21 = 84$$

$$I_{23} = \text{Engranaje} = \frac{n_2}{n_3} = \frac{2}{1} \dots\dots\dots n_2 = 2 \cdot 84 = 168$$

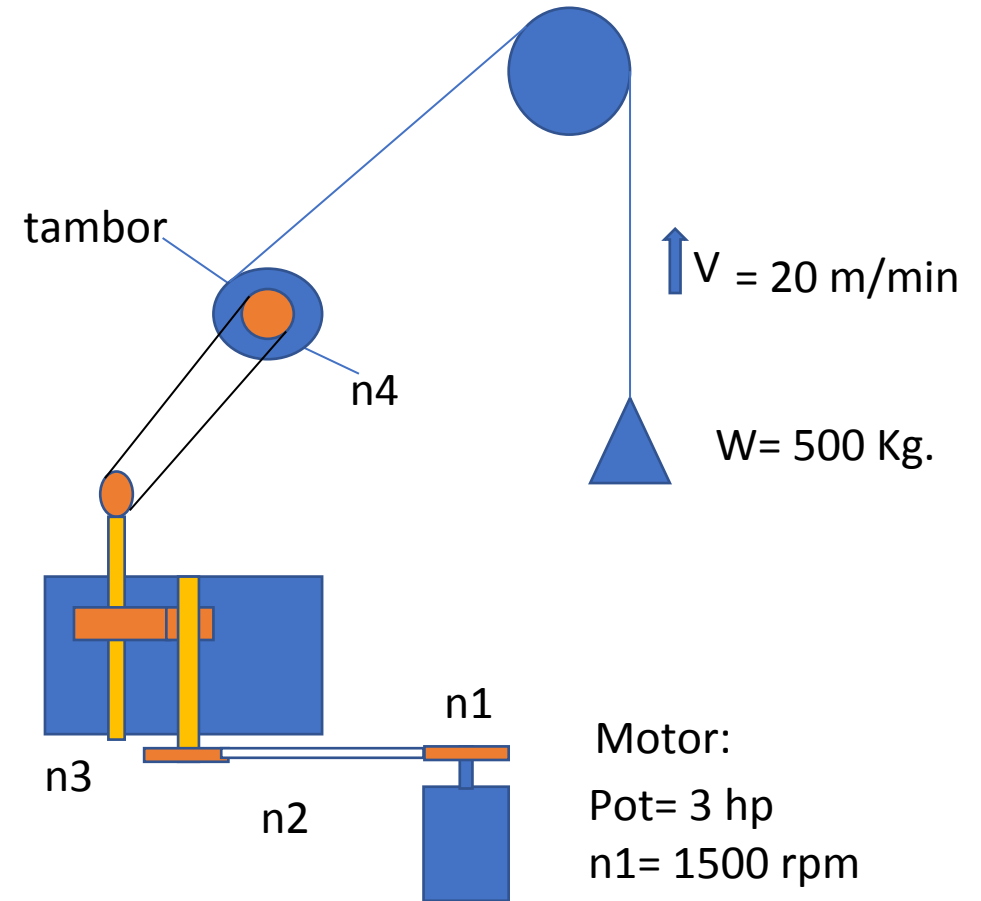
$$I_{12} = \text{Correa} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1500}{168} = \frac{8,9}{1} \dots\dots\dots \text{Muy grande... no cumple}$$

2da aproximación:

$$I_{34} = \text{Cadena} = \frac{n_3}{n_4} = \frac{5}{1} \dots\dots\dots n_3 = 5 \cdot 21 = 105$$

$$I_{23} = \text{Engranaje} = \frac{n_2}{n_3} = \frac{3}{1} \dots\dots\dots n_2 = 3 \cdot 105 = 315$$

$$I_{12} = \text{Correa} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1500}{315} = \frac{4,7}{1} \dots\dots\dots \text{cumple}$$



EJEMPLO 1: Calculo y dimensionamiento de un guinche

Paso 6.- Calculo de las fuerzas en los ejes:

Fuerzas en los engranajes:

Datos:

- Potencia= Pot
- Velocidad de giro = n
- Modulo = m
- Número de dientes = Z
- Angulo de presión = ϕ_n
- Angulo de hélice = ψ

$$Pot = \frac{Mt * w}{75} \text{ (Hp)}; \quad w = \frac{2\pi * n}{60}$$

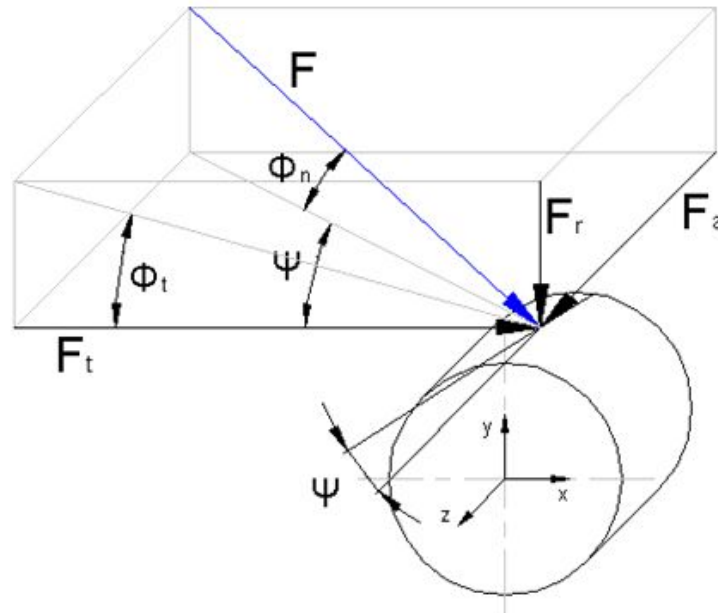
$$F_t = \frac{2 Mt}{d} \quad m_t = \frac{m}{\cos \phi_n}$$

$$d = m_t * z$$

d= Diámetro primitivo del engranaje

$$F_r = F_t \operatorname{Tg} \phi_t \quad \operatorname{Tg} \phi_t = \frac{\operatorname{tg} \phi_n}{\cos \psi}$$

$$F_a = F_t \operatorname{Tg} \psi$$



Fuerzas en las correas:

Datos:

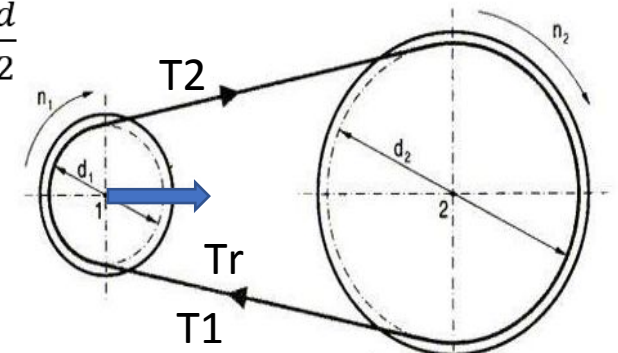
- Potencia= Pot
- Velocidad de giro = n
- Número de correas = Z
- Diámetro de la polea = d

$$Pot = \frac{Mt * w}{75} \text{ (Hp)}; \quad w = \frac{2\pi * n}{60}$$

$$Mt = (T_1 - T_2) * \frac{d}{2}$$

$$T_1 = T_2 * e^{\mu \Theta}$$

$$Tr = T_1 + T_2$$



Θ = Angulo de abrazamiento = aprox. = π rad

μ = Coeficiente de rozamiento = aprox.= 0,4

EJEMPLO 1: Calculo y dimensionamiento de un guinche

Paso 6.- Calculo de las fuerzas en los ejes:

Fuerzas en los engranajes:

Datos:

- Pot= 3 hp
- n= 315 rpm
- Modulo = 2 (calculo de engranes)
- Z= 19
- Angulo de presión = 20°
- Angulo de hélice = $\psi = 12^\circ$

$$M_t = \frac{75 \cdot \text{pot}}{w} \text{ (Hp)} ; \quad w = \frac{2\pi \cdot n}{60} = \frac{2\pi \cdot 315}{60} = 33 \text{ rad/seg}$$

$$M_t = \frac{75 \cdot 3}{33} = 6,81 \text{ Kg.m} = 6810 \text{ Kg.mm}$$

$$F_t = \frac{2 M_t}{d}$$

$$d = m_t \cdot z \quad m_t = \frac{m}{\cos \phi_n} = \frac{2}{\cos 20} = 2,12; \quad d = 2,12 \cdot 19 = 40,4 \text{ mm}$$

d= Diametro primitivo del engranaje

$$F_t = \frac{2 \cdot 6810}{40,4} = 340$$

$$F_r = F_t \tan \phi_t = 340 \tan 20,4 = 126 \text{ Kg}$$

$$F_a = F_t \tan \psi = 340 \tan 12 = 72 \text{ kg}$$

$$\tan \phi_t = \frac{\tan \phi_n}{\cos \psi} = \frac{\tan 20}{\cos 12} ; \quad \phi_t = 20,4^\circ$$

Fuerzas en las correas:

Datos:

- Potencia= 3
- n=315 rpm
- Z=1
- d= 200 mm
- $\Theta = 180^\circ = \pi \text{ rad}$
- $\mu = 0,4$

$$M_t = 6810 \text{ Kg.mm}$$

$$M_t = (T_1 - T_2) \cdot \frac{200}{2}$$

$$T_1 = T_2 \cdot e^{0,4 \cdot \pi}$$

$$T_1 = 96 \text{ Kg}$$

$$T_2 = 28 \text{ Kg}$$

$$T_r = T_1 + T_2$$

$$T_r = 124 \text{ Kg}$$

EJEMPLO 1: Calculo y dimensionamiento de un guinche

Paso 7.- Dimensionamiento de los ejes:

Eje 2:

Datos:

$M_t = 6810 \text{ Kg.mm}$

$F_t = 340 \text{ kg}$

$F_r = 126 \text{ Kg}$

$F_a = 92 \text{ Kg}$

$T_r = 124 \text{ Kg}$

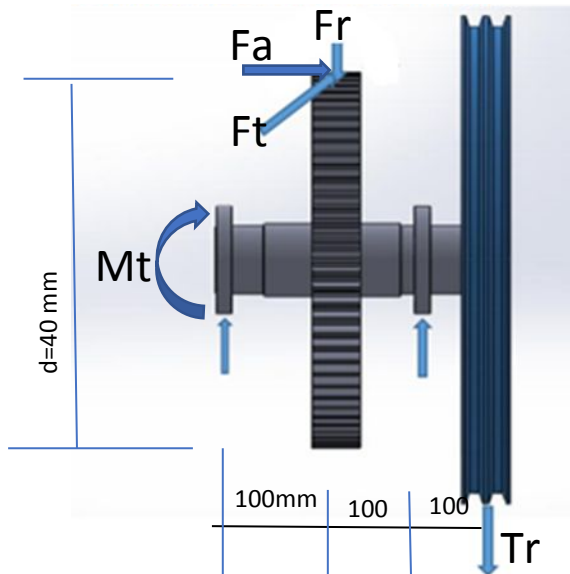
$D_{\text{engrane}} = 40 \text{ mm}$

Material : SAE 1040

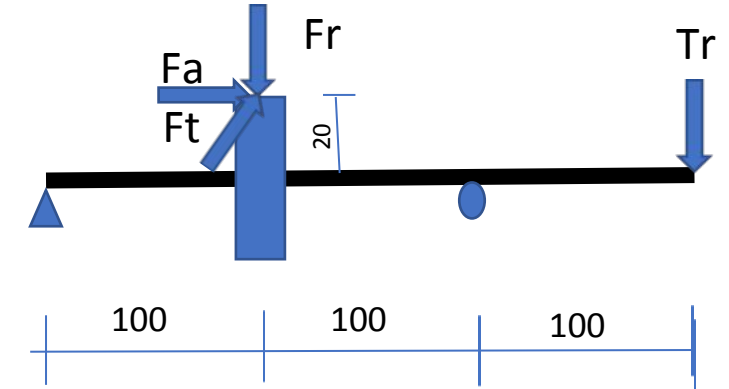
$\sigma_f = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

$\tau_f = 0,5 \sigma_f$

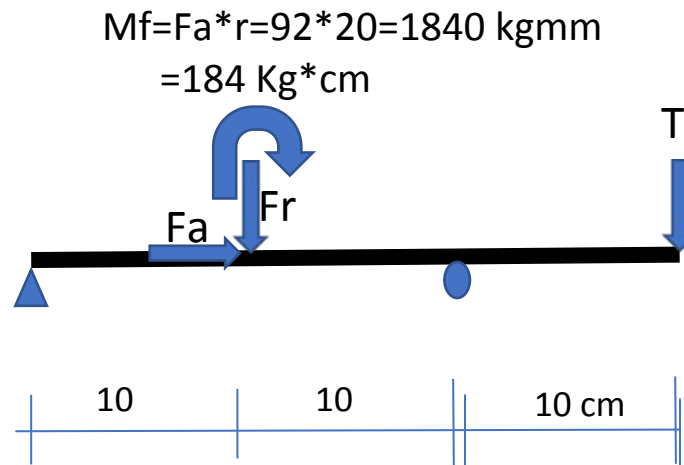
$n = 2$



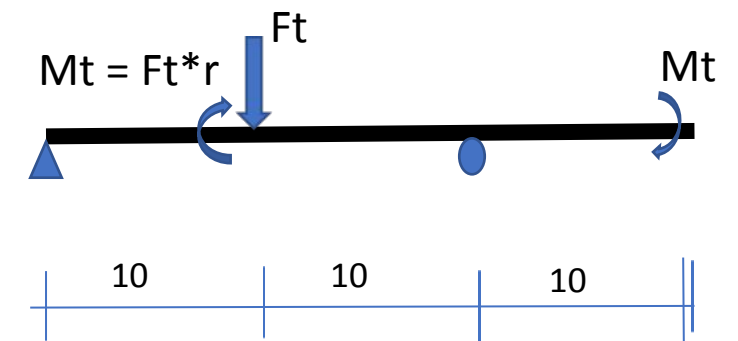
Fuerzas en el eje:



Plano XY:

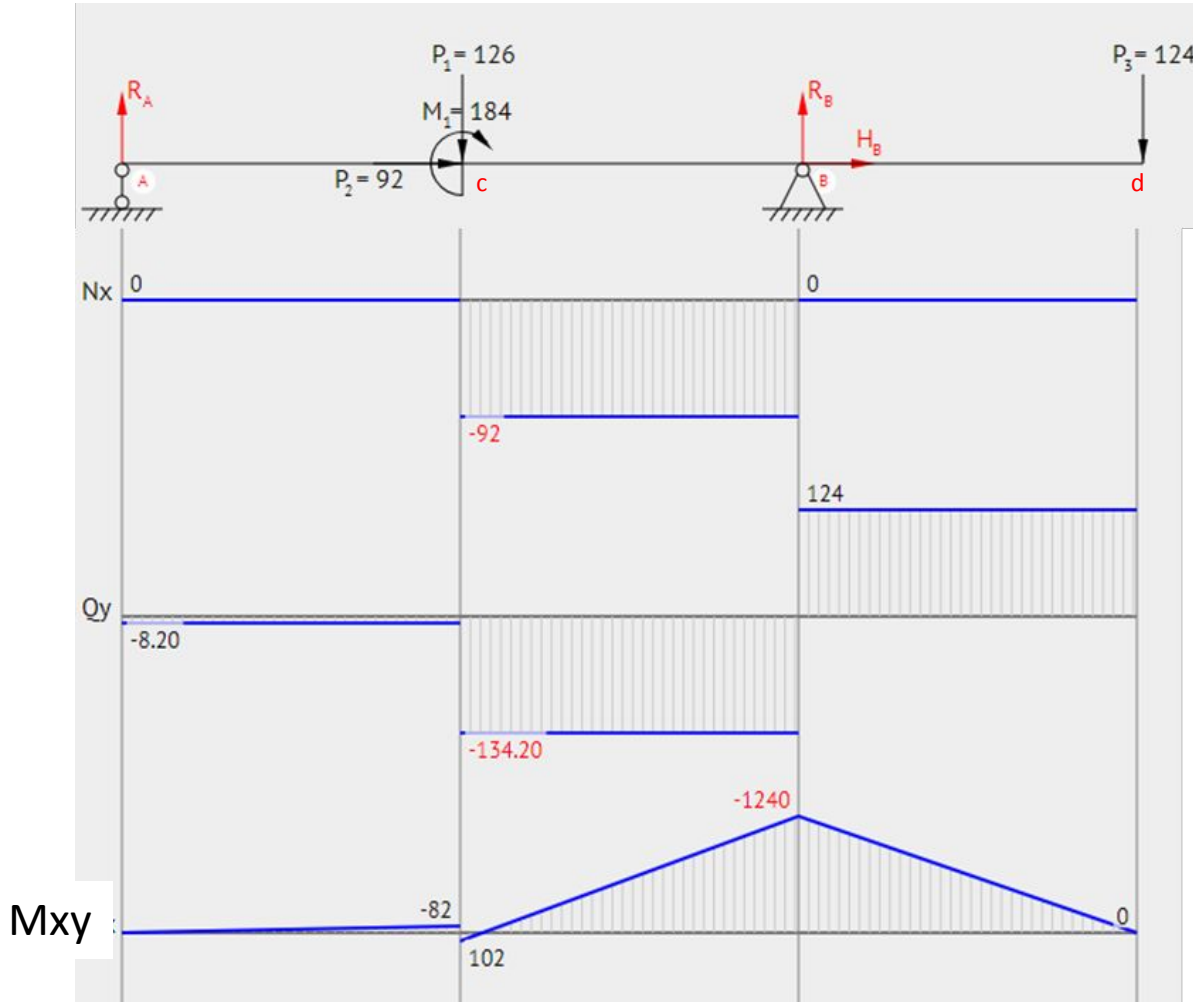


Plano XZ:

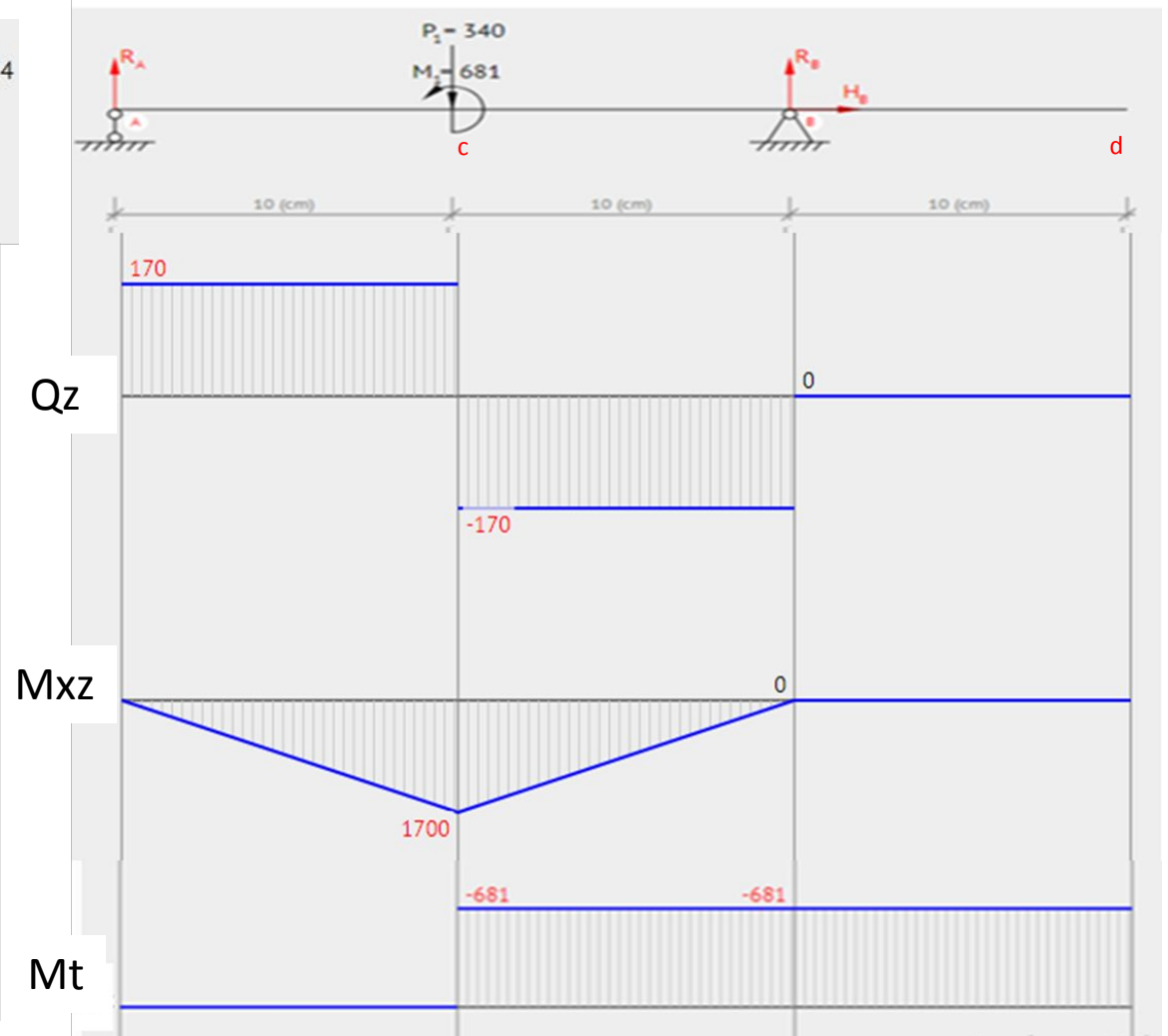


EJEMPLO 1: Calculo y dimensionamiento de un guinche

Plano X-Y :

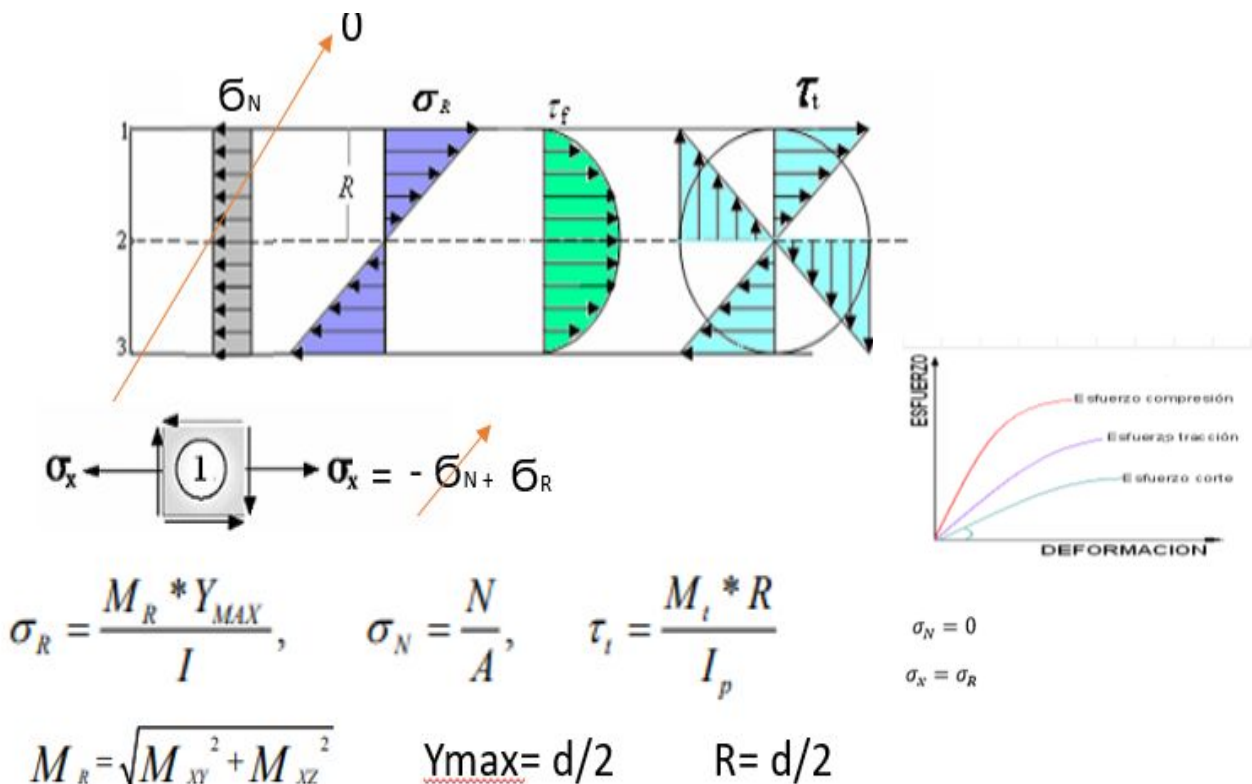


Plano X-Z :



EJEMPLO 1: Calculo y dimensionamiento de un guinche

Sección crítica: C-C



$$M_R = \sqrt{1700^2 + 102^2} = 1703 \text{ Kg.cm}$$

$$M_t = 681 \text{ kg.cm}$$

$$\sigma_R = \frac{1703}{\pi * \frac{d^3}{32}} = \frac{17346}{d^3}$$

$$\tau_R = \frac{681}{\pi * \frac{d^3}{16}} = \frac{3468}{d^3}$$

$$\sigma_{max} = \frac{8673}{d^3} + \sqrt{\frac{8673^2}{d^3} + \frac{3468^2}{d^3}} \leq 2100$$

$$\sigma_{max} = \frac{8673}{d^3} + \frac{9340}{d^3} \leq 2100 \quad d \geq 2,04 \text{ cm}$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\frac{8673^2}{d^3} + \frac{3468^2}{d^3}} \leq 1050 \quad d \geq 2,07 \text{ cm}$$

Sea: $d = 7/8'' = 2,22 \text{ cm}$

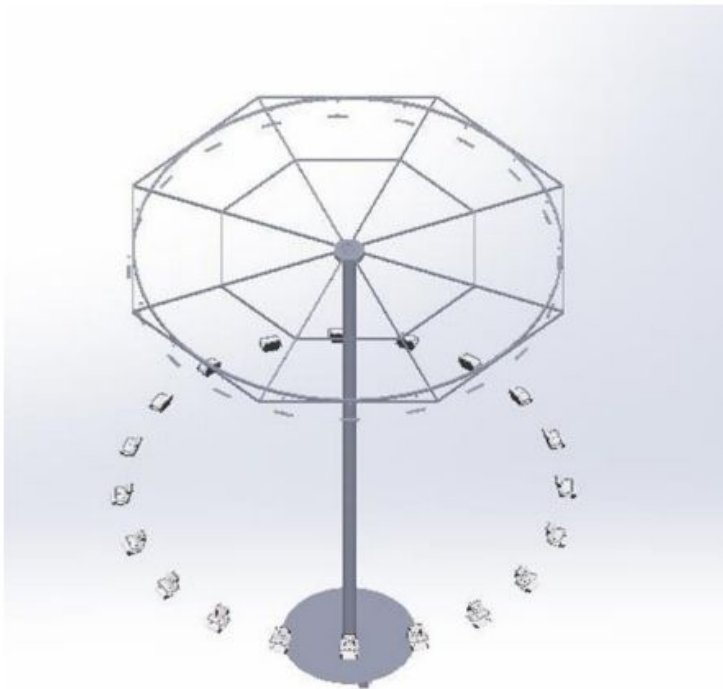
Ecuación para la tensión máxima	Ecuación para la cortante máxima	
$\sigma_{max} = \left(\frac{\sigma_x}{2}\right) + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + (\tau)^2} \leq \bar{\sigma}$	$\tau_{max} = R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + (\tau)^2} \leq \bar{\tau}$	$I = \frac{\pi * \phi^4}{64}$ $I_p = \frac{\pi * \phi^4}{32}$

EJEMPLO 2 – CARRUSEL

Paso 1.- Diseño del carrusel :

Datos:

- Capacidad de 20 sillas colgantes
- Peso máximo por silla 100 kg
- Longitud de 10 metro
- Distancia entre sillas 2 metros



Calculo del radio del carrusel :

$$\text{Perimetro} = 2\pi R = N(\text{asientos}) * \text{paso}$$

$$R = \frac{N * P}{2\pi} = \frac{20 * 2}{2 * \pi} = 6,37 \text{ m}$$

Paso 2.- Cálculo de la velocidad de giro

De catálogos.... $n = 10 \text{---} 30 \text{ rpm}$

1era aproximación:

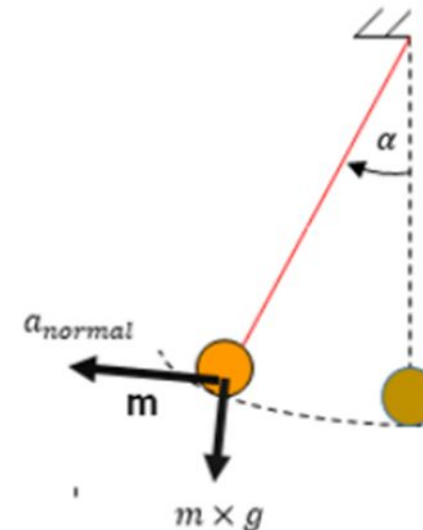
sea $n = 20,45 \text{ rpm}$

$$\omega = \frac{2 * 3.14 * 20.45}{60} [\text{rad/s}]$$

$$\omega = 2.14 [\text{rad/s}]$$

$$V = \omega * R = 2,14 * 6.37 = 13,63 \text{ m/seg}$$

$$a_r = \frac{V^2}{R} = 29,16 \text{ m/seg}^2$$



$$\tan \alpha = \frac{m \times a_{normal}}{m \times g}$$

m : masa total

a_{normal} : aceleracion normal

g : gravedad

$$\tan \alpha = \frac{a_{normal}}{g}$$

$$\tan \alpha = \frac{29,16}{9,8}$$

$$\alpha = 71,4^\circ \text{ MUCHOO}$$

EJEMPLO 2

Segunda aproximación:

Sea: $n = 10 \text{ rpm}$

$$W = \frac{2 \cdot \pi \cdot 10}{60} = 1,04 \text{ rad/seg}$$

$$V = W \cdot R = 6,62 \text{ m/seg}$$

$$a_r = \frac{V^2}{R} = 6,87 \text{ m/seg}^2$$

$$\tan \alpha = \frac{a_{normal}}{g}$$
$$\tan \alpha = \frac{6,87}{9,8}$$

$$\alpha = 35^\circ \text{ OK}$$

Paso 3.- Calculo de la potencia:

$$Pot = \frac{Mt \cdot W}{75} \text{ (Hp)} \quad ; \quad Mt = I \cdot \alpha \quad ; \quad \alpha = \frac{W}{t} \quad ; \quad I = \sum m \cdot r^2 \quad ; \quad W = \frac{2 \pi \cdot n}{60}$$

$$I = 20 \cdot 100 \cdot 6,37^2 = 81153 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2 \quad \text{Sea: } t = 20 \text{ seg.}$$

$$\alpha = \frac{1,04}{20} = 0,052 \text{ rad/seg}^2$$

$$Mt = 81153 \cdot 0,052 = 4120 \text{ Nt} \cdot \text{m} = 430 \text{ Kgf} \cdot \text{m}$$

$$Pot = \frac{430 \cdot 1,04}{75} = 5,96 \text{ Hp}$$

potencia real:

$$Pot = Pot_{\text{real}} = 5,96 \cdot 1,2 = 7,15 \text{ Hp}$$

Calculo de la potencia Corregida:

Máquinas motrices	Motores eléctricos cd = 2 cn Motores térmicos multicilindros > 600 rpm			Motores eléctricos c maxi > 2 cn Monocilindro < 600 rpm		
	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d
Cargas uniformes ligeras: Agitadores para líquidos, bombas y compresores centrifugos-ventiladores hasta 7,5 Kw Pequeños transportadores	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Cargas uniformes medias: Transportadores de cinta (arena, grano) Ventiladores superiores 7,5 Kw Generadores-alternadores, máquinas herramientas Maquinaria artes gráficas, prensas, cizallas, lavadoras, bombas rotativas.	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
Cargas irregulares con sobrecargas: Maquinaria para ladrillos y cerámica Elevadores con canchales. Compresores y bombas de pistones. Maquinaria papel. Pulverizadores, Maquinaria textil.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Cargas irregulares y sobrecargas importantes: Molinos, machacadoras, laminadoras, calandras mezcladoras, Gruas, dragas.	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,8
Cargas muy irregulares y grandes sobrecargas.	2	2	2	2	2	2

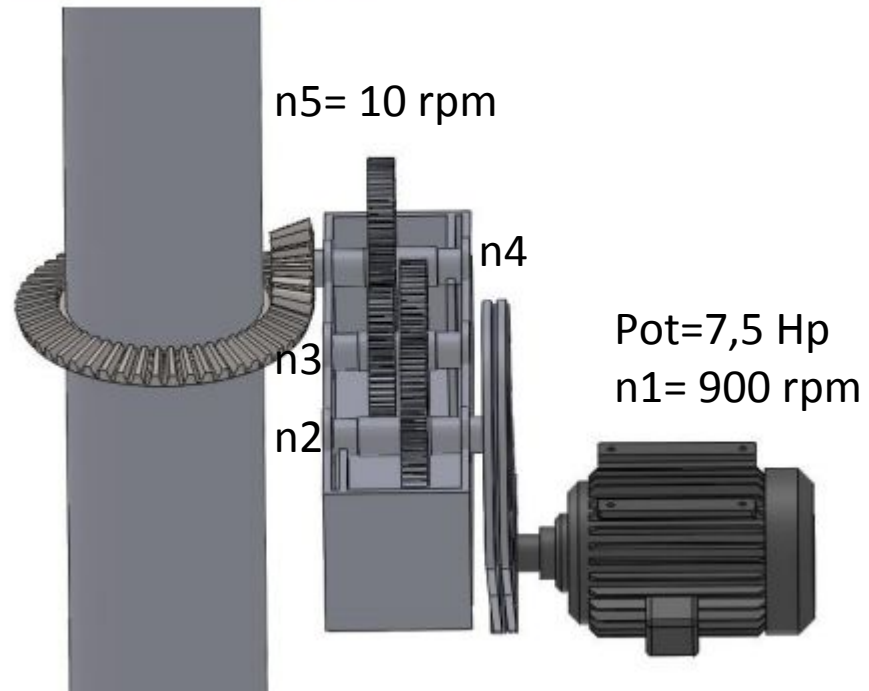
$$P_c = \text{Factor de servicio} \cdot Pot$$

SELECCION DEL MOTOR

TIPO	MODELO	TENSION TRIFASICO (V)	n (RPM)	Pot (HP)	#PP
	WEG	380	900	7,5	4

EJEMPLO 2

Paso 4.- Diseño del mecanismo de reducción de velocidades:



$$i_{54} = \frac{3}{1} \longrightarrow n_4 = 3 \cdot 10 = 30 \text{ rpm}$$

$$i_{43} = \frac{3}{1} \longrightarrow n_3 = 3 \cdot 30 = 90 \text{ rpm}$$

$$i_{32} = \frac{3}{1} \longrightarrow n_2 = 3 \cdot 90 = 360 \text{ rpm}$$

$$i_{21} = \frac{900}{360} = \frac{2,5}{1} \text{ OK}$$

EJEMPLO 2

Paso 5.- Dimensionamiento del eje 2:

Fuerzas en los engranajes:

Datos:

- Modulo = $m = 3$
- $Z = 21$
- $\phi_n = 20^\circ$
- $\psi = 15^\circ$

$$Pot = \frac{Mt \cdot w}{75} \text{ (Hp)}; \quad w = \frac{2\pi \cdot n}{60} = \frac{2\pi \cdot 360}{60} = 37,6 \text{ rad/seg}$$

$$Mt = \frac{75 \cdot 7,5}{37,6} = 14,9 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$F_t = \frac{2 Mt}{d} \quad m_t = \frac{m}{\cos \beta} = \frac{3}{\cos 15} = 3,1$$

$$d = m_t \cdot z = 3,1 \cdot 21 = 65,2 \text{ mm}$$

$$F_t = \frac{2 \cdot 14,9}{0,065} = 458 \text{ Kg}$$

$$\tan \phi_t = \frac{\tan \phi_n}{\cos \psi} = 0,37$$

$$F_r = F_t \tan \phi_t = 458 \cdot 0,37 = 169 \text{ Kg}$$

$$F_a = F_t \tan \psi = 458 \cdot \tan 15 = 123 \text{ Kg}$$

Fuerzas en las correas:

Datos:

- Correa A-25
- Diámetro polea = 45 cm

$$M_t = (T_1 - T_2) \cdot \frac{d}{2} \quad T_r = T_1 + T_2$$

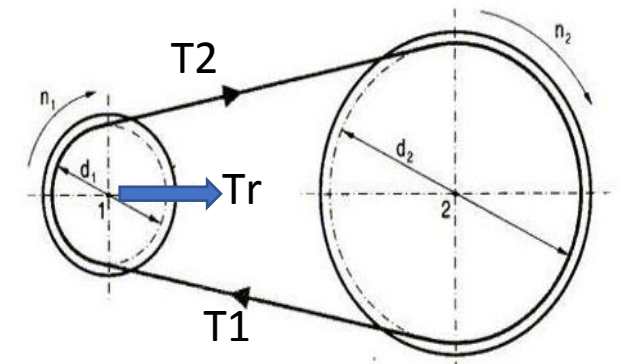
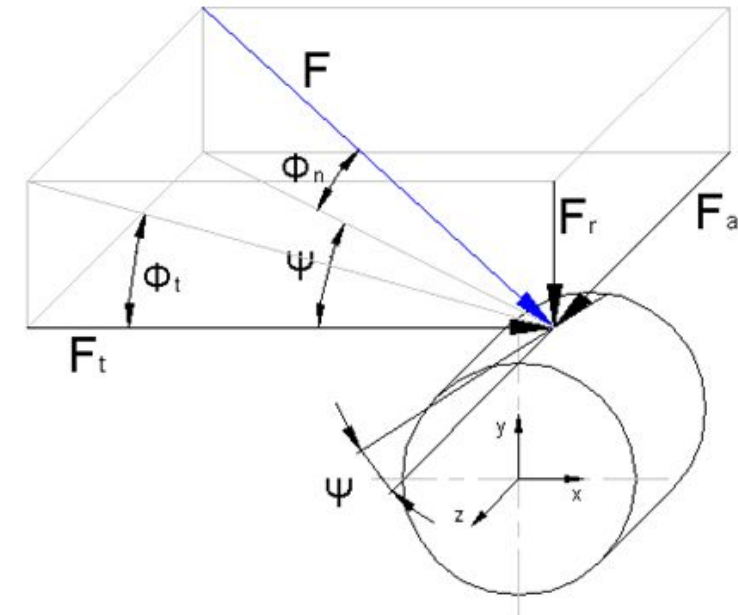
$$T_1 = T_2 \cdot e^{\mu \theta}$$

θ = Angulo de abrazamiento = aprox. = π rad

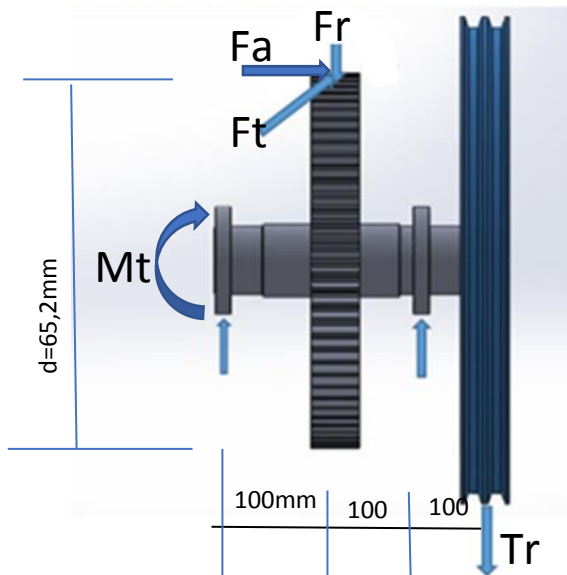
μ = Coeficiente de rozamiento = aprox. = 0,4

$$T_1 = 92,7 \text{ Kg} \quad T_2 = 26,5 \text{ Kg}$$

$$T_r = 119 \text{ Kg}$$



EJEMPLO 2



$$M_t = 14,9 \text{ Kg.m} = 1490 \text{ Kg.cm}$$

$$F_t = 458 \text{ Kg.}$$

$$F_r = 169 \text{ Kg.}$$

$$F_a = 123 \text{ Kg.}$$

$$T_r = 119 \text{ Kg.}$$

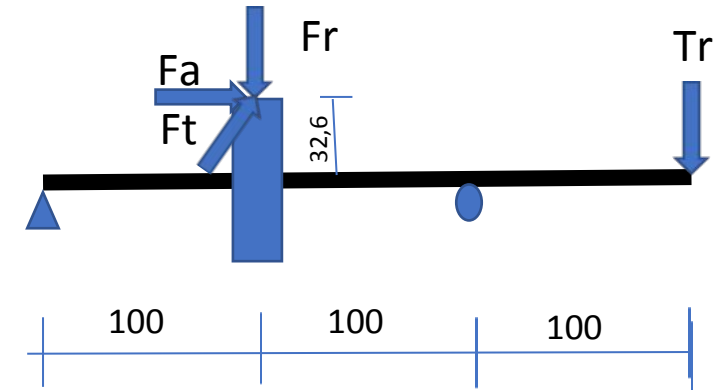
Material : SAE 1040

$$\sigma_f = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\tau_f = 0,5 \sigma_f$$

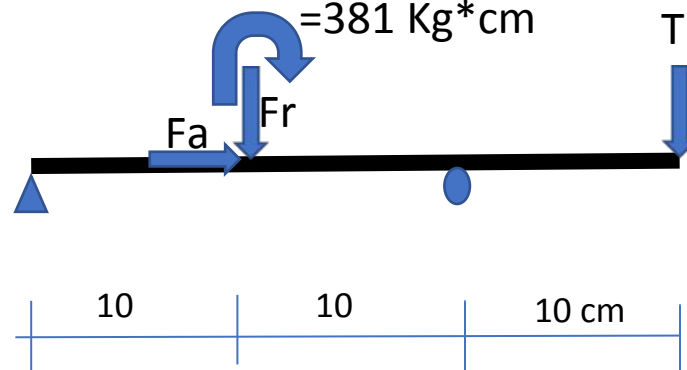
$$n = 2$$

Fuerzas en el eje:

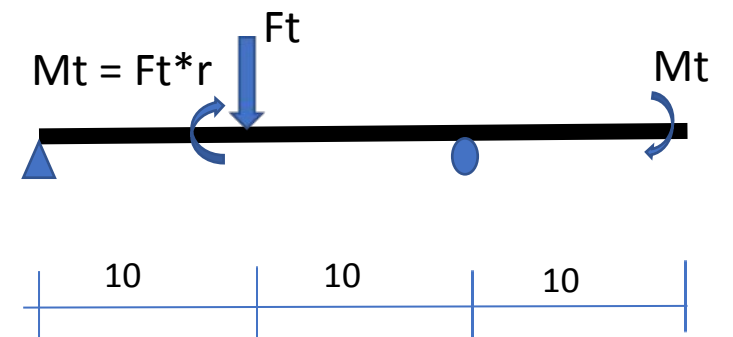


Plano XY:

$$M_f = F_a * r = 123 * 3,1 = 381 \text{ Kg*cm}$$

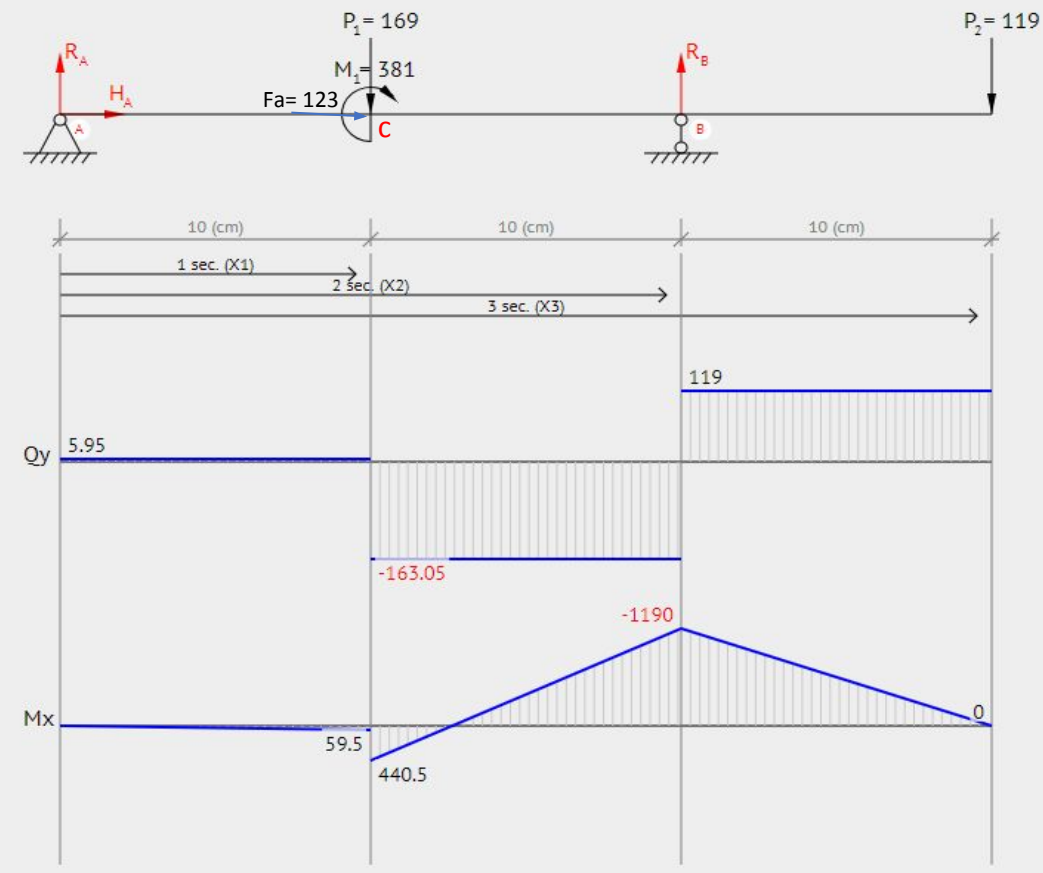


Plano XZ:



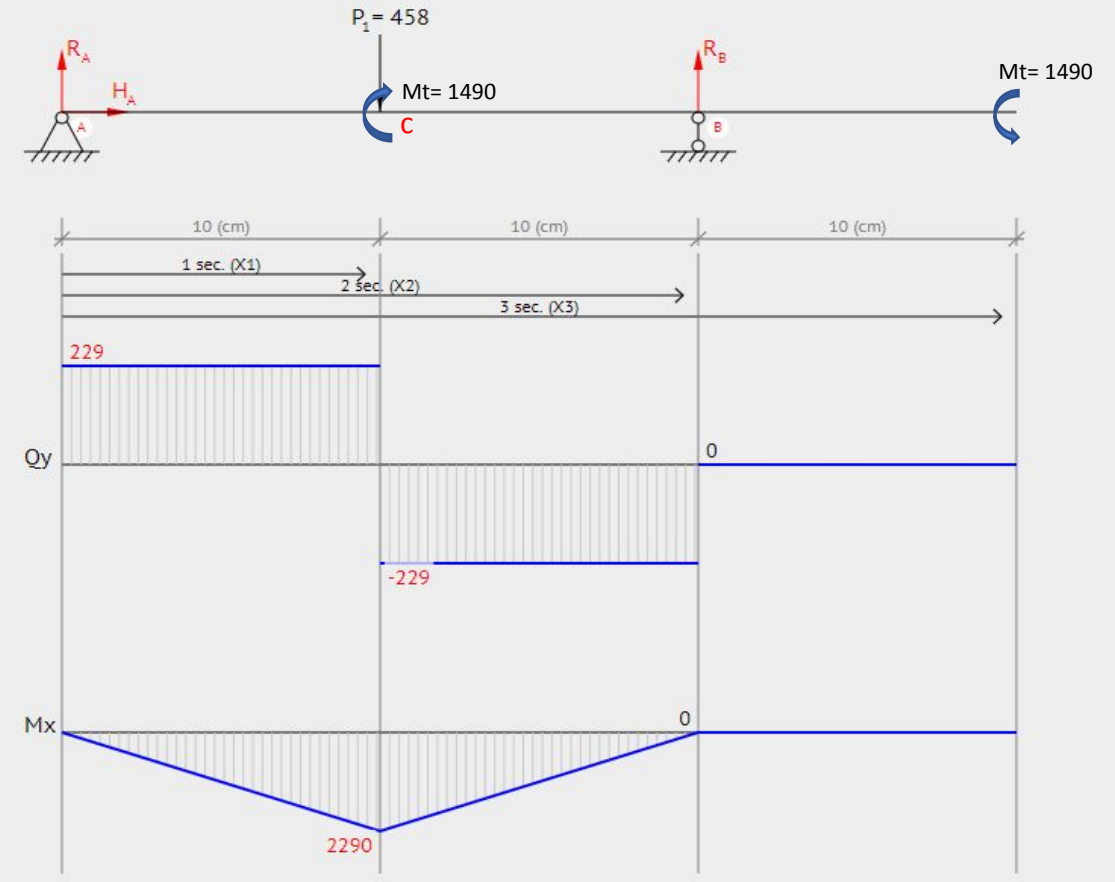
EJEMPLO 2

Plano X-Y



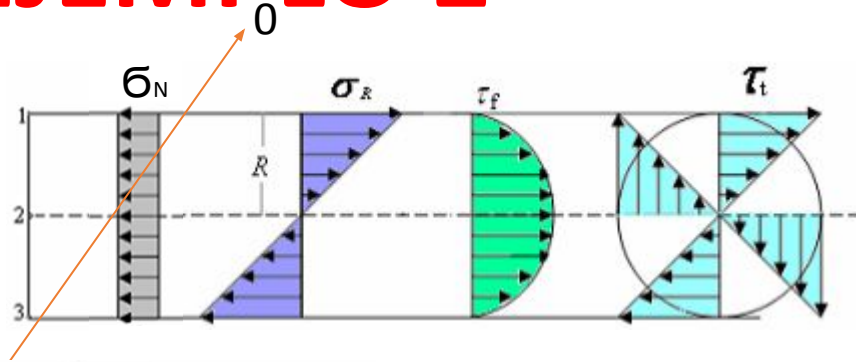
N - 123

Plano X-Z



Mt 1490

EJEMPLO 2



$$\sigma_x \leftarrow \boxed{1} \rightarrow \sigma_x = -\sigma_N + \sigma_R$$

$$\sigma_R = \frac{M_R * Y_{MAX}}{I}, \quad \sigma_N = \frac{N}{A}, \quad \tau_t = \frac{M_t * R}{I_p}$$

$$M_R = \sqrt{M_{XY}^2 + M_{XZ}^2} \quad Y_{max} = d/2 \quad R = d/2$$

$$M_R = \sqrt{440^2 + 2290^2}$$

$$M_R = 2331 \text{ Kg.cm}$$

$$\sigma_R = \frac{2331}{\pi * \frac{d^3}{32}} \quad \tau_R = \frac{1490}{\pi * \frac{d^3}{16}}$$

$$\sigma_{max} = \frac{2331}{\pi * \frac{d^3}{32}} + \sqrt{\left(\frac{2331}{2 * \pi * \frac{d^3}{32}} \right)^2 + \left(\frac{1490}{\pi * \frac{d^3}{16}} \right)^2} \leq \sigma_{adm}$$

$$\sigma_R = \frac{23743}{d^3} + \frac{13663}{d^3} \leq 2100$$

$$d \geq 2,6 \text{ cm}$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{2331}{2 * \pi * \frac{d^3}{32}} \right)^2 + \left(\frac{1490}{\pi * \frac{d^3}{16}} \right)^2} \leq 1050$$

$$d \geq 2,35 \text{ cm}$$

Ecuación para la tensión máxima	Ecuación para la cortante máxima	
$\sigma_{max} = \left(\frac{\sigma_x}{2} \right) + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2} \right)^2 + (\tau)^2} \leq \bar{\sigma}$	$\tau_{max} = R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2} \right)^2 + (\tau)^2} \leq \bar{\tau}$	$I = \frac{\pi * \phi^4}{64}$ $I_p = \frac{\pi * \phi^4}{32}$

EJEMPLO 3



Datos:

- Maderas semiduras
- Profundidad de corte máxima = 80 mm

EJEMPLO 3

Paso 1.- Selección del disco de corte:



Diámetro exterior de la sierra	305 [mm]
Ancho del diente	4 [mm]
Número de dientes	18

Paso 2.- Selección de la velocidad:

$$V_c = W * R \dots \text{sea } V_c = 90 \text{ m/seg} \dots W = \frac{2 * 90}{0,3} = 600 \text{ rad/seg}$$

$$W = \frac{2\pi * n}{60} \quad n = \frac{60 * 600}{2\pi} = 5729 \text{ rpm}$$

$$\text{Sea } n = 6000 \text{ rpm} \quad V_c = \frac{2\pi * n * r}{60} = \frac{2\pi * 6000 * 0,15}{60} = 94,2 \text{ m/seg}$$

Material	Fresas HS [m s ⁻¹]	Fresas HW [m s ⁻¹]	Sierras circulares HW [m s ⁻¹]
Maderas blandas	50-80	60-90	70-100
Maderas duras	40-60	50-80	70-90
Tableros aglomerados	—	60-80	60-80
Chapas alistonadas	—	60-80	60-80
Tableros de fibras duras	—	40-60	60-80
Tableros revestidos con plásticos	—	40-60	60-120

Las velocidades estimadas en rpm para sierras circulares son:

- Velocidades para madera sólida 3200 a 4500 rpm
- Velocidades para tableros aglomerados 4500 a 6000 rpm
- Sistemas o unidades cizadoras 7500 a 9200 rpm debido a que su función es abrir el corte y evitar astilladuras.

EJEMPLO 3

Paso 3.- Potencia de corte:

□ Fuerza específica de dorte:

N°	NBR 7190/1997			SANTOS NETO (1999)			Método de punzonamiento propuesto/ Proposed Method - Punching		
	Humedad/ Moisture	f_v	f_{v12}	Humedad/ Moisture	f_v	f_{v12}	Humedad / Moisture	f_v	f_{v12}
	(%)	(MPa)	(MPa)	(%)	(MPa)	(MPa)	(%)	(MPa)	(MPa)
1	15,47	9,22	10,18	14,02	66,93	71,00	15,64	11,46	12,71
2	17,46	8,67	10,09	13,65	60,16	63,13	16,24	8,90	10,03
3	18,41	9,29	11,08	14,97	66,49	72,41	17,35	9,14	10,61
4	17,35	9,44	10,95	14,47	61,11	65,65	17,54	9,72	11,34
5	16,09	9,14	10,26	13,32	55,92	58,14	17,34	10,92	12,67
6	16,78	8,71	9,96	15,04	64,14	69,99	17,72	10,37	12,15
7	16,09	8,55	9,60	14,20	56,28	60,00	15,02	11,21	12,22
8	17,01	8,64	9,93	15,27	59,58	65,42	14,87	10,95	11,89
9	19,16	8,45	10,26	14,82	70,02	75,93	14,29	9,81	10,49
10	17,41	9,45	10,98	12,92	58,90	60,51	17,24	9,34	10,81
11	15,99	8,98	10,06	15,63	60,60	67,19	17,37	10,90	12,65
12	16,09	9,17	10,29	15,52	79,76	88,18	18,02	9,87	11,65
13	14,39	8,26	8,85	15,32	56,79	62,45	19,84	10,18	12,57
14	16,99	8,92	10,25	14,78	73,39	79,51	19,91	8,57	10,60
15	16,62	9,04	10,29	13,80	63,50	66,93	17,02	10,47	12,05

$$f_c = 12,71 \text{ Mpa} = 130 \text{ Kg/cm}^2 = 1,30 \text{ Kg/mm}^2$$

□ Fuerza de corte:

$$F_c = f_c * A_c \quad A_c = e * b$$

e= Espesor de la viruta

b= Longitud de corte instantánea

$$b = l * Z''$$

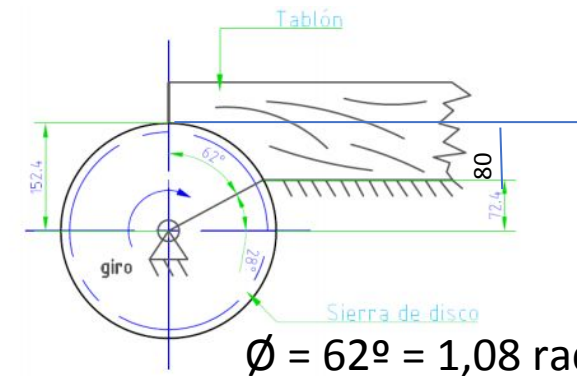
l= ancho del diente de sierra

Z''= Numero de dientes en corte (activos)

$$Z'' = Z * \frac{\phi}{2 * \pi}$$

Z= Numero de dientes de la sierra

Ø = Angulo de contacto de la sierra



$$\phi = 62^\circ = 1,08 \text{ rad}$$

$$Z'' = 18 * \frac{1,08}{2\pi} = 3$$

$$b = 4 * 3 = 12$$

EJEMPLO 3

$$e_m = a_z * \sqrt{\frac{P_r}{D} * (1 - \frac{P_r}{D})}$$

a_z = Avance por diente (mm)

D = Diametro del disco (mm)

P_r = Profundidad de pasada (mm)

$$a_z = \frac{S}{n * Z}$$

S = Avance (mm/min)

n = rpm del disco

Z = numero de dientes de la sierra

$$Pot = \frac{F_c * V_c}{75} = \frac{1,87 * 94,2}{75} = 2,35 \text{ hp}$$

Paso 4.- Selección del motor eléctrico:

$$Pot_r = \eta * Pot = 1,2 * 2,35 = 2,82 \text{ Hp}$$

Pot = 3 Hp
n = 3000 rpm



TABLA 3

Velocidades de avance recomendadas según el material a procesar

Tipo de material a procesar	Velocidad de avance recomendada
Cortes longitudinales en maderas blandas	10 – 30 m/min
Cortes transversales en madera solida	10 – 20 m/min
Corte en maderas duras y tableros aglomerados	5 – 10m/min

$$S = 30 \text{ m/min} = 30000 \text{ mm/min}$$

$$a_z = \frac{30000}{6000 * 18} = 0,27$$

$$e = 0,27 * \sqrt{\frac{80}{305} * (1 - \frac{80}{305})} = 0,12 \text{ mm}$$

$$A_c = e * b = 0,12 * 12 = 1,44 \text{ mm}^2$$

$$F_c = f_c * A_c = 1,30 * 1,44 = 1,87 \text{ Kg}$$

Resumen de las características técnicas

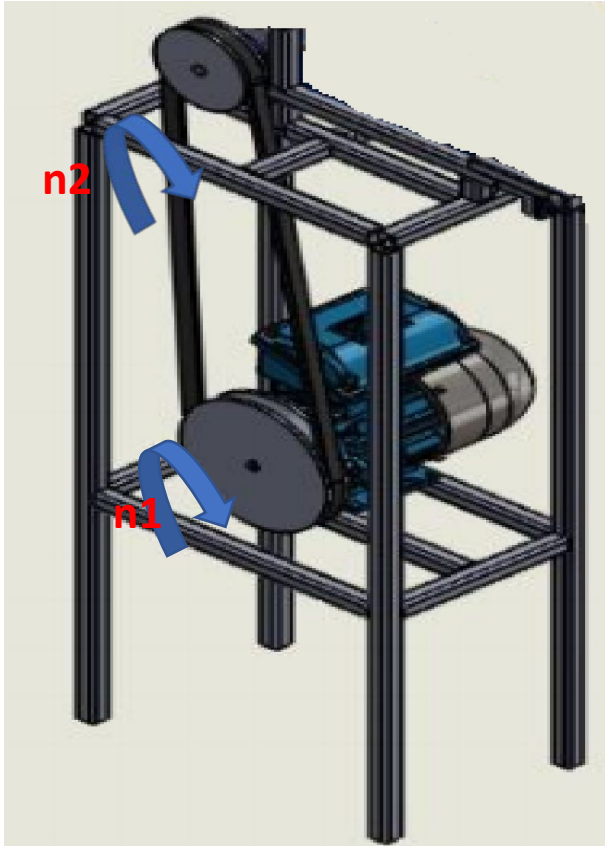
Norma	NEMA MG-1
Frecuencia	50 Hz
Tensión	220 V
Numero de polos	2
Grado de protección	IP55
Rotación sincrona	3000 rpm
Potencia	3 HP

Fijación	Con pies
Brida	Sin
Forma constructiva	F-1
Caja de conexión¹	Posición izquierda
Refrigeración	IC411 - TEFC
Tipo de cojinete	6204 ZZ

EJEMPLO 3

Paso 5.- Diseño del tren de velocidades:

$$i = \frac{n1}{n2} = \frac{3000}{6000} = \frac{1}{2}$$



Paso 6.- Fuerzas en el eje:

Datos:

- Potencia= 3
- $n=3000$ rpm
- $Z=1$
- $d= 200$ mm
- $\Theta = 180^\circ = \pi$ rad
- $\mu = 0,4$

Material: SAE 1045

$n = 3$

$$Mt = (T1 - T2) * \frac{200}{2}$$

$$T1 = T2 * e^{0,4 * \pi}$$

$$Tr = T1 + T2$$

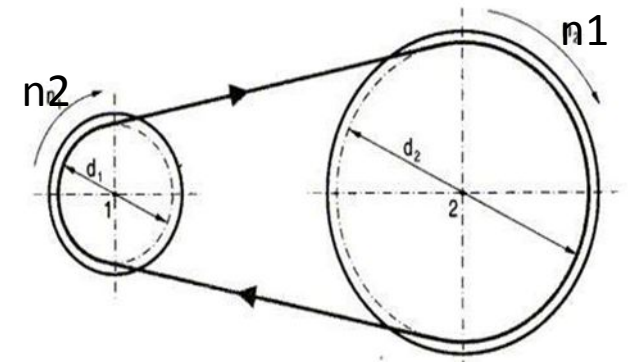
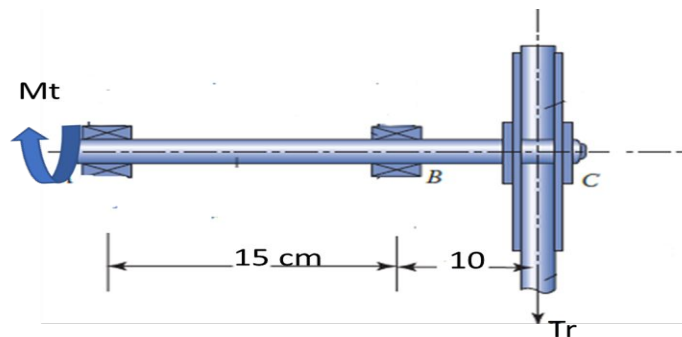
$$T1 = 10,03 \text{ Kg.}$$

$$T2 = 2,87 \text{ kg.}$$

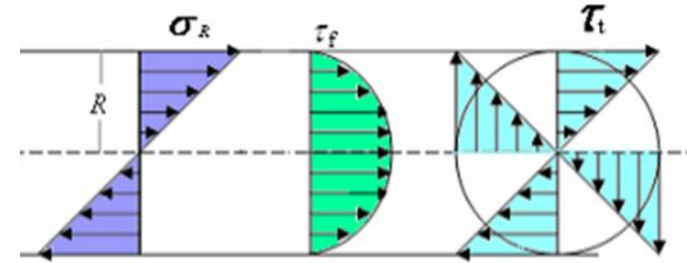
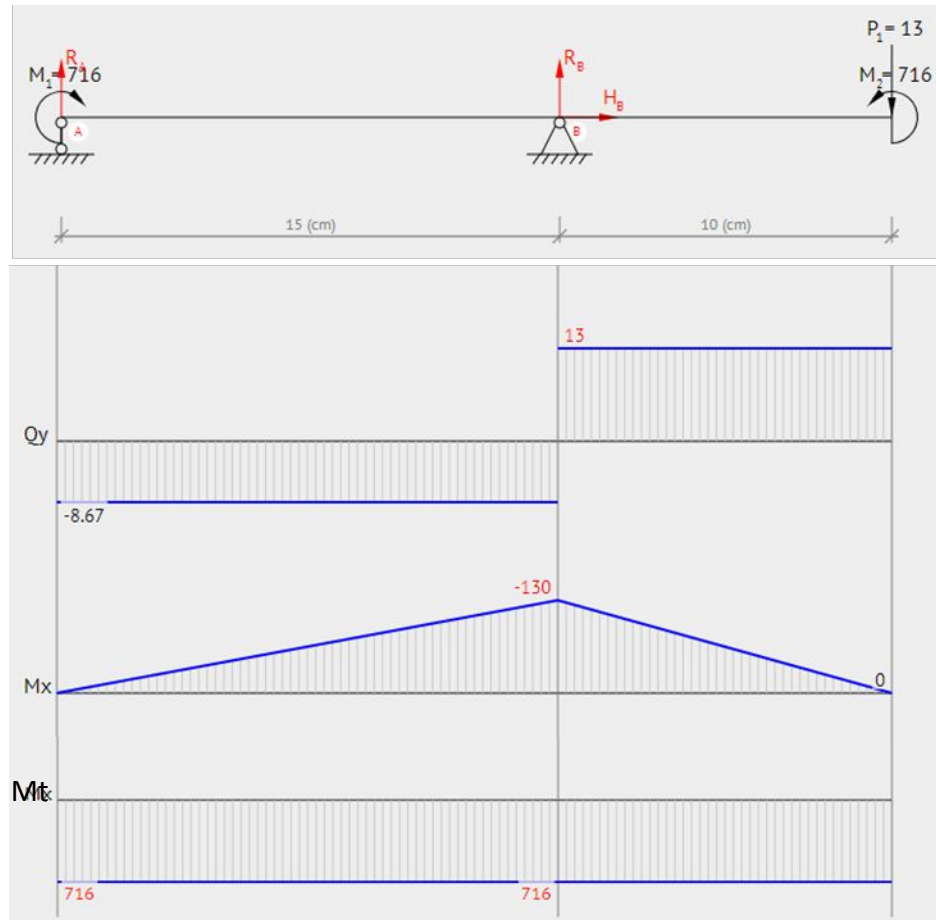
$$Tr = 12,92 \text{ Kg.} = 13 \text{ Kg}$$

$$Mt = \frac{75 * pot}{w} \text{ (Hp)} ; w = \frac{2\pi * n}{60} = \frac{2\pi * 3000}{60} = 314 \text{ rad/seg}$$

$$Mt = \frac{75 * 3}{314} = 0,716 \text{ Kg.m} = 716 \text{ Kg.mm} = 71,6 \text{ kg.cm}$$



Paso 7.- Dimensionamiento del eje:



$$\sigma_R = \frac{M_{max} * Y_{max}}{I} = \frac{M_{max}}{Z} = \frac{M_{max}}{\frac{\pi * d^3}{32}} \quad \sigma_R = \frac{32 * 130}{\pi * d^3} = \frac{1324}{d^3}$$

$$\tau_t = \frac{M_t * R}{I_p} \quad \tau_t = \frac{M_t}{Z_p} = \frac{M_t}{\frac{\pi * d^3}{16}} \quad \tau_t = \frac{16 * 716}{\pi * d^3} = \frac{3646}{d^3}$$

Ecuación para la tensión máxima	Ecuación para la cortante máxima
$\sigma_{max} = \left(\frac{\sigma_x}{2} \right) + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2} \right)^2 + (\tau)^2} \leq \bar{\sigma}$	$\tau_{max} = R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2} \right)^2 + (\tau)^2} \leq \bar{\tau}$

$$\sigma_{max} = \frac{1324}{d^3} + \sqrt{\frac{1324^2}{2 * d^3} + \frac{3646^2}{d^3}} \leq \sigma_{adm}$$

$$\sigma_{max} = \frac{1324}{d^3} + \frac{3705}{d^3} \leq \frac{4200}{3} \quad d \geq 1,53 \text{ cm}$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\frac{1324^2}{2 * d^3} + \frac{3646^2}{d^3}} \leq 700 \quad d \geq 1,74 \text{ cm}$$



GRACIAS.....