



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
Asignatura de Máquinas e Instrumentos

PROBLEMAS DE MAQUINAS E INSTRUMENTOS

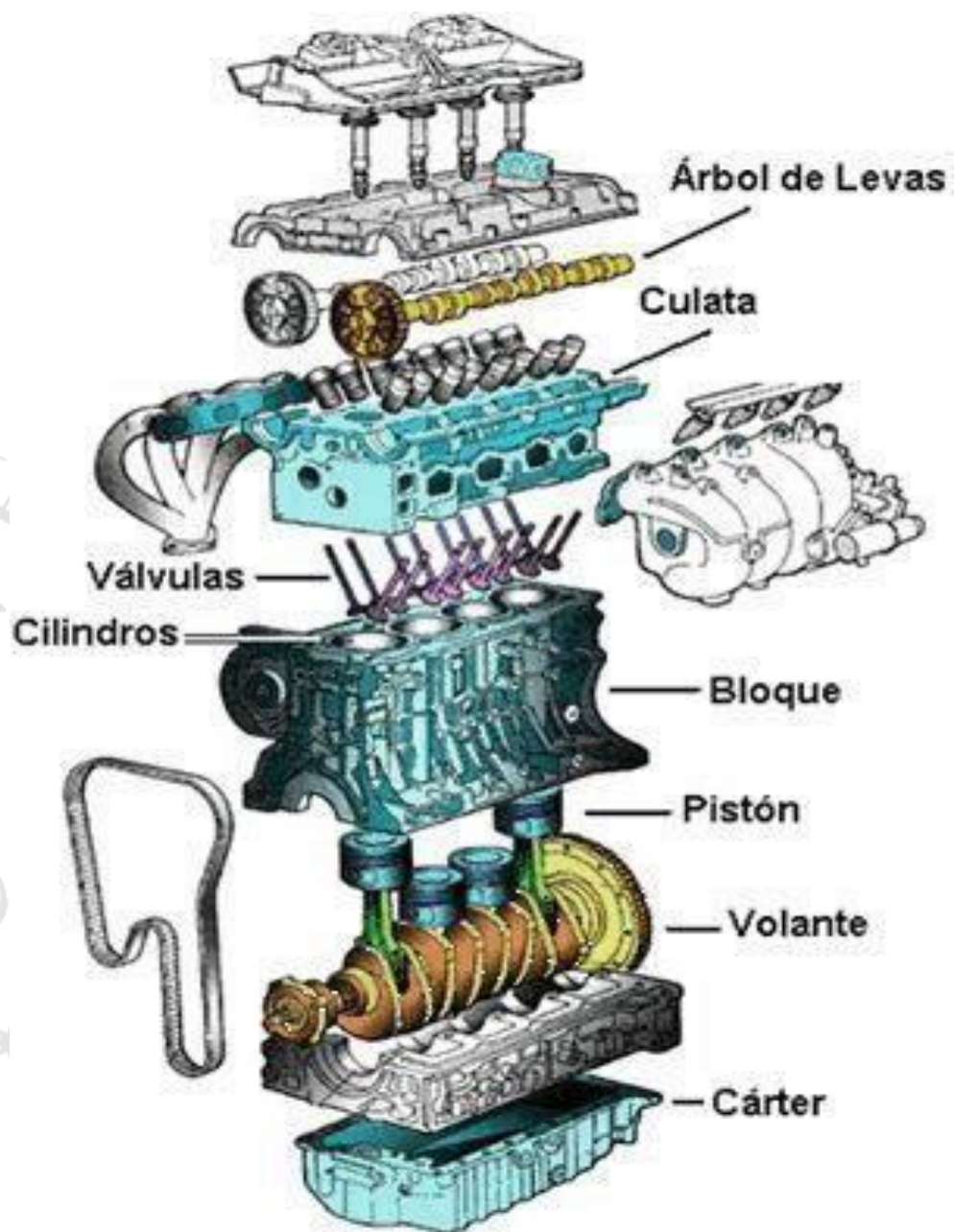


2017

Juan Carlos Goñi

INDICE

| | |
|---|----|
| A.-INFORME DE LA ASIGNATURA DE MÁQUINAS E INSTRUMENTOS | 5 |
| B.-TAREA ACADEMICA (TA) | 6 |
| C.-EJERCICIOS SOBRE INSTRUMENTOS DE CONTROL, PRESIONES, CAUDALES, POTENCIA Y OTROS | 7 |
| D.-MEDICIONES | 13 |
| E.-TEORIA DE BANCO | 17 |
| F.-TORNO PARALELO..... | 25 |
| G.-FRESADORA | 35 |
| H.-ALEACIONES HIERRO CARBONO | 43 |
| I.-TRANSMISIONES | 49 |
| J.-TALLADO DE ENGRANAJES | 55 |
| K.-SOLDADURA | 63 |
| L.-MÁQUINAS HIDRÁULICAS | 71 |
| M.-COMPRESORES | 79 |
| N.-CONOCIMIENTOS BASICOS SOBRE MOTORES DE COMBUSTION INTERNA Y MAQUINAS DE VAPOR | 83 |
| O.-FUNDAMENTOS DE REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO | 91 |



Partes de un motor de combustión interna

A.-INFORME DE LA ASIGNATURA DE MÁQUINAS E INSTRUMENTOS

(Índice referencial. Debe tener número de página, y respetar la secuencia cronológica del laboratorio realizado)

- 1.-Carátula con los nombres de los integrantes del grupo. Colocar número de grupo
 - 2.- Índice con número de página. Incluir el número de página en cada hoja.
Introducción general de todos los laboratorios.
 - 3.- Prácticas de laboratorio
 - 3.1.-Mediciones. Teoría. Ejemplo de cálculo. Figuras, diagramas, tablas. Resultados.
 - 3.2.-Proyecto mecánico "SCREW PRESS". Teoría. Ejemplo de cálculo. Figuras, diagramas, tablas. Planos de construcción. Diagrama de operaciones (DOP). Resultados.
 - 3.3.-Tallado de engranaje. Teoría. Procedimiento. Ejemplo de cálculo. Figuras, diagramas. Tablas. Resultados.
 - 3.4.-Soldadura. Teoría. Procedimiento de soldeo. Figuras, diagramas. *
 - 3.5.-Bombas hidráulicas. Teoría. Procedimiento. Ejemplo de cálculo. Figuras, diagramas. Tablas. Resultados.
 - 4.- Conclusiones y recomendaciones
 - 5.- Bibliografía. Anexos.
-

B.-TAREA ACADEMICA (TA)

La tarea académica consta de dos practicas integradas (PC1, PC2) y una nota de laboratorio (LAB) cuya evaluación es continua a lo largo de todo el semestre.

- Práctica integrada 1 (PC1) = peso 1
- Práctica integrada 2 (PC2) = peso 1
- LABORATORIO (LAB) = peso 1

-La nota LAB (laboratorio) es la suma de la nota de **Informe (informe escrito final, descrito en la página anterior)**, pieza (proyecto mecánico), **asistencia a la asignatura** (asistencia a teoría y práctica) y **Test** (test final) entre cuatro.

-El alumno que no trae sus implementos de laboratorio (mandil blanco, zapatos de seguridad y lentes de seguridad), perderá un punto en la nota de laboratorio (LAB) por cada falta (**NF**). El valor **NF** queda registrado en la lista de fotos proporcionada por los jefes de práctica a los encargados de laboratorio de Máquinas e Instrumentos.

-Si el nombre de un alumno no figura en el **informe** por no haber cumplido con el grupo de trabajo, su nota LAB es cero, por lo tanto, no tiene derecho a dar test.

$$TA = (PC1 + PC2 + LAB) / 3$$

$$LAB = (\text{Informe} + \text{Pieza} + \text{Asistencia a la asignatura}^* + \text{Test}) / 4 - \text{NF}$$

Nota de asistencia: 0% inasistencia = **20**; 30% inasistencia = **00** de nota

ejemplo:

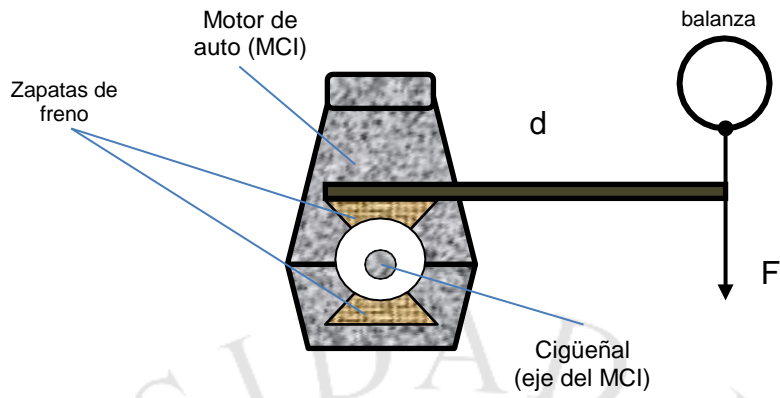
0% inasistencia = $((30-0)/30) \times 20 =$ **20** de nota (se redondea recién en LAB)
5% inasistencia = $((30-5)/30) \times 20 =$ **16,7** de nota (se redondea recién en LAB)
20% inasistencia = $((30-20)/30) \times 20 =$ **06,7** de nota (se redondea recién en LAB)
30% inasistencia = $((30-30)/30) \times 20 =$ **00** de nota (se redondea recién en LAB)

*:la asistencia general a la asignatura (teoría y práctica) se extrae del reporte del blackboard

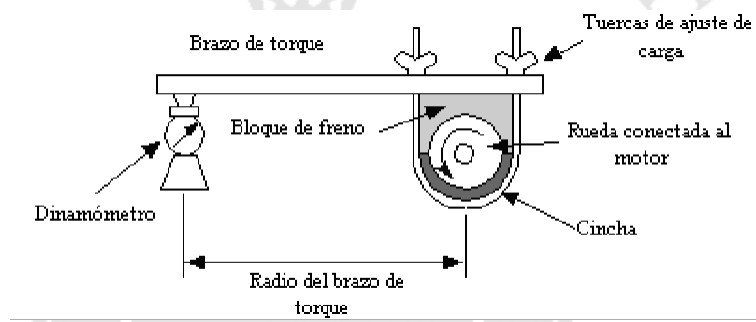
**C.-EJERCICIOS SOBRE INSTRUMENTOS
DE CONTROL, PRESIONES, CAUDALES,
POTENCIA Y OTROS**



Dinamómetro tipo Prony



Freno Prony



Freno dinamométrico



EJERCICIOS SOBRE PRESIONES Y OTROS

Presión: $1,013\text{bar}=760\text{mmHg}=10,33\text{m agua} = 1,033\text{kg/cm}^2=14,7\text{PSI}=14,7\text{lb/pulg}^2$

1.-Una pelota de baloncesto (basket) inflada en Lima tiene una presión manométrica de 12 PSI. ¿Cuál será su presión manométrica en Tarma? Asumir igual temperatura y volumen.

| Ciudad | Presión Ambiente (bar o PSI) | Presión Relativa o Manométrica (bar o PSI) |
|--------|------------------------------|--|
| Lima | 1 bar ;o 14,7 PSI | 0 bar ;o 0 PSI |
| Ticlio | 0,6 bar ;o 8,8 PSI | 0 bar ;o 0 PSI |
| Tarma | 0,7 bar ;o 10,3 PSI | 0 bar ;o 0 PSI |

Rpta: $P_{m2} = 1,13 \text{ bar} = 16,4 \text{ PSI}$

2.-Hallar torque y potencia del motor de un BMW 325i, si está montado en el dinamómetro con brazo de palanca $d=1,275$ metros; el cigüeñal gira a 2750 rpm y la balanza marca $F=20\text{kg}$ (figura de dinamómetro se ve en la página anterior)

Rpta: Torque 25,5 Kg.m (250 N.m) Potencia 72000 W (72kW; 96,5 HP)

3.-Sobre la FICHA TÉCNICA del auto BMW 325i (ver ficha en la siguiente página), se tiene:

Especificación del Neumático:

Continental SportContact 2 SSR 225/45 R17
 , es decir: Ancho $s=225 \text{ mm}$; $h/s=45 \text{ \%}=0,45$;
 $h=101,25 \text{ mm}$; aro=17 pulg= 431,8 mm

a.-¿Cuál es su potencia máxima, en HP?

Rpta: 214,5 HP a 6500 rpm

b.-¿Cuál es su torque, en N.m, a potencia máxima?

Rpta: 235 N.m

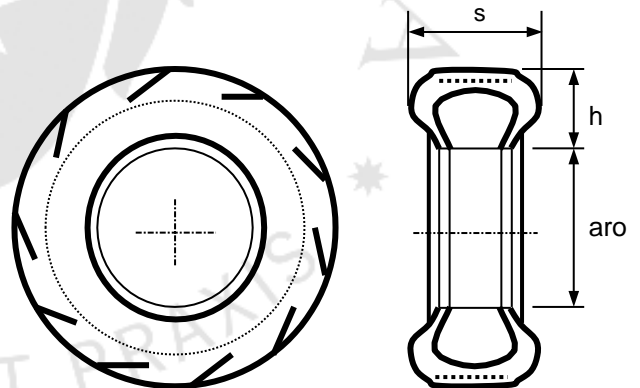
c.-¿Cuál es su torque máximo, en N.m?

Rpta: 250 N.m a 2750 rpm

d.-¿Cuál es su potencia, en HP, a torque máximo? Rpta: 72 kW

e.-¿Cuál es el diámetro de las llantas, en mm? Rpta: 634,3 mm

f.-¿Cuáles son las RPM de las llantas, cuando el auto va a 100 km/h? Rpta: 836,4 rpm



FICHA TÉCNICA

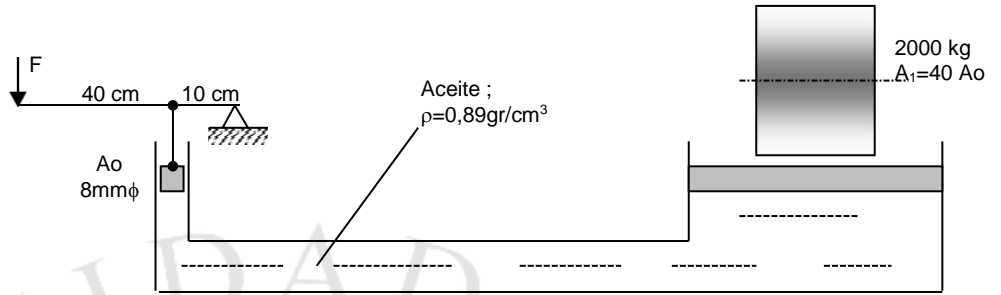
| | |
|--|---|
| MARCA | BMW |
| Modelo | 325i |
| Versión | - |
| Procedencia | Alemania |
| MOTOR | |
| Tipo/#válvulas/Cilindrada (cm3) | 6L / 24 / 2497 |
| Diámetro x carrera (mm) | 82,0 x 78,8 |
| Alimentación | Inyección |
| Posición | Delantero Longitudinal |
| Relación de compresión | 11,0:1 |
| Régimen máximo | 6500 rpm |
| Potencia máxima | 214,5 HP (160 kW) a 6500 rpm |
| Torque máximo | 25,5 Kg.m. (250 N.m.) a 2750 rpm |
| Combustible | Gasolina 97 SP |
| TRANSMISIÓN | |
| Tracción / Tipo / # marchas | Posterior / Automática / 6 |
| SUSPENSIÓN | |
| Delantera | McPherson con doble brazo inferior y barra estabilizadora |
| Trasera | Multibrazo con resorte helicoidal |
| FRENOS | |
| Delanteros / Traseros | Discos ventilados / Discos ventilados + ABS + EBD + CBC |
| DIRECCIÓN | |
| Sistema / Tipo | Hidráulico / Piñón y cremallera |
| DIMENSIONES | |
| Largo / Ancho / Alto (mm) | 4520 / 1817 / 1421 |
| Distancia entre ejes (mm) | 2760 |
| Peso neto (Kg) | 1535 |
| Relación Peso/Potencia | 7,16 Kg/HP (9,59 Kg/kW) |
| Potencia específica | 85,90 HP/Lt (64,08 kW/Lt) |
| Capacidad de tanque (Lt/Gl) | 63 / 16,6 |
| Diámetro interno de giro (m) | 7,43 izquierda / 7,20 derecha |
| Llantas | Continental SportContact 2 SSR 225/45 R17 |
| GARANTÍA | 2 años |
| SERVICIOS | |
| 1er / 2do / Siguietes (Km) | 10.000 / 20.000 / cada 10.000 |
| Rendimientos oficiales | |
| Velocidad máxima (Km/h) | 242 |
| Aceleración 0-100 Km/h | 7,7 |
| Consumo (Km/gl – l/100 Km) | |
| Urbano | 29,5 - 12,9 |
| Extraurbano | 56,7 - 6,7 |
| Mixto | 42,2 - 9,0 |
| Emisión CO2 (g/Km) | 218 |

4.-El tacómetro de un auto BMW 325i marca 3000rpm y el velocímetro marca 120km/h. Las llantas Standard son Continental SportContact 2 SSR 225/45 R17 .

- a) Hallar las rpm de las llantas.
 b) ¿Qué velocidad tendría el auto si se usara neumático de 12" (TOYO 145/70 R12)?
 c) ¿Cuáles son las rpm del motor del auto? Rpta: a) 1004 rpm b) 96 km/h c).....

5.-Según la gata de vehículos de la figura

- a) ¿A partir de que fuerza F se eleva los 2000 kg de la llanta de un camión?
 b) ¿Cuál es la presión del aceite en bar?
 c) ¿Cuántos milímetros se eleva la llanta, cuando el pistón pequeño desciende 15 cm?
 d) Si por cada 10 bombeadas de 15 cm de carrera del pistón pequeño con la fuerza F, el operador toma 30 segundos ¿cuál es el caudal promedio de aceite? (cm³/s)?
 e) ¿Cuál será la velocidad promedio del pistón pequeño? (cm/s)



Rpta: a) F = 10 kg b) 100 bar approx. c) mm d) 2,51 cm³/s e) 5cm/s

6.-Problema de Empuje Hidrostático

Un cuerpo esférico de plástico debajo de la superficie de agua de un estanque se sostiene a través de una cuerda anclada en el fondo. El Volumen de la esfera es de 0.650m³, la densidad del agua de 1020 kg/m³ y la tensión de la cuerda de 900N.

- a. Calcule la fuerza de empuje que ejerce el agua sobre la esfera
 b. Calcular la masa de la esfera
 c. La cuerda se rompe y la esfera se eleva a la superficie; calcule la fracción del volumen de la esfera que estará sumergida cuando llega al reposo.
 d. Hallar la densidad de la esfera.
 e. Calcular el diámetro de la esfera.

SOLUCION:



$$\gamma_a = 1030 \text{ kg/m}^3 = 1020 \text{ kgs/1000 lts} = 1,02 \text{ kg/lit}; \quad P = \text{peso}$$

$$T = 900 \text{ N} = 900 \text{ N} \times \text{kg}/9,8 \text{ N} = 91,8 \text{ kgs}; \quad V_{\text{esf}} = 0,65 \text{ m}^3 = 650 \text{ lts.}$$

a) $E = \gamma_a \cdot V_{\text{esf}} = 1,02 \text{ kg/lit} \times 650 \text{ lts} = \mathbf{663 \text{ kg.}}$

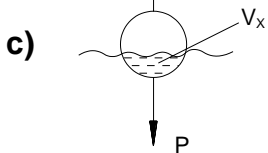
b) $P = m \cdot g; \quad E = P + T; \quad 663 \text{ kg} = P + 91,8 \text{ kgs}; \quad P = \mathbf{571,2 \text{ kgf}};$
 masa: $\mathbf{m = 571,2 \text{ kg}}$

$P = E; \quad E = \gamma_a \cdot V_x$
 $571,2 \text{ kg} = 1,02 \text{ kg/lit} \cdot V_x; \quad \mathbf{V_x = 560 \text{ lts.}}$

d) Densidad de la esfera (asumiendo que es sólida).

$$P = \gamma_e \cdot V_e; \quad 571,2 \text{ kg} = \gamma_e \cdot 650 \text{ lts.}; \quad \mathbf{\gamma_e = 0,88 \text{ kg/lit}}$$

e) Diámetro de la esfera $V_e = 4/3 \pi r^3; \quad 650 \text{ dm}^3 = 4/3 \pi r^3; \quad r^3 = 155,18 \text{ dm}^3;$
 $r = 5,37 \text{ dm} = 53,7 \text{ cm} = 537 \text{ mm} = 0,537 \text{ m}; \quad \mathbf{d = 107,4 \text{ cm}}$



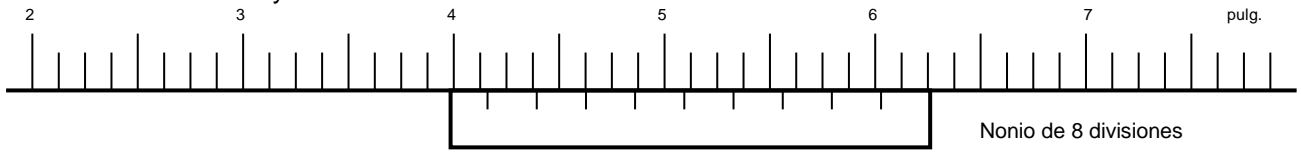


D.-MEDICIONES

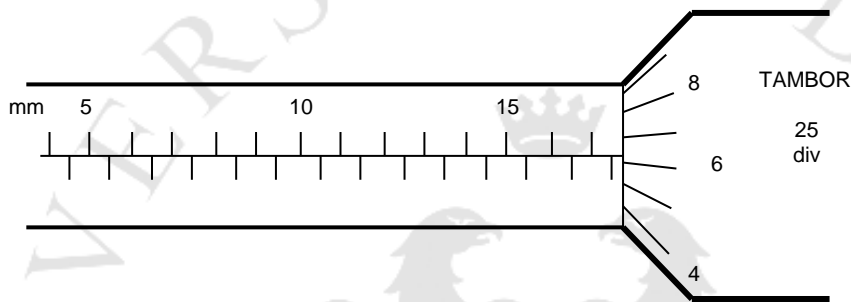
Instrumentos de medición

-Determinar la precisión y lectura de los instrumentos. Indicar la medida de una división del nonio.

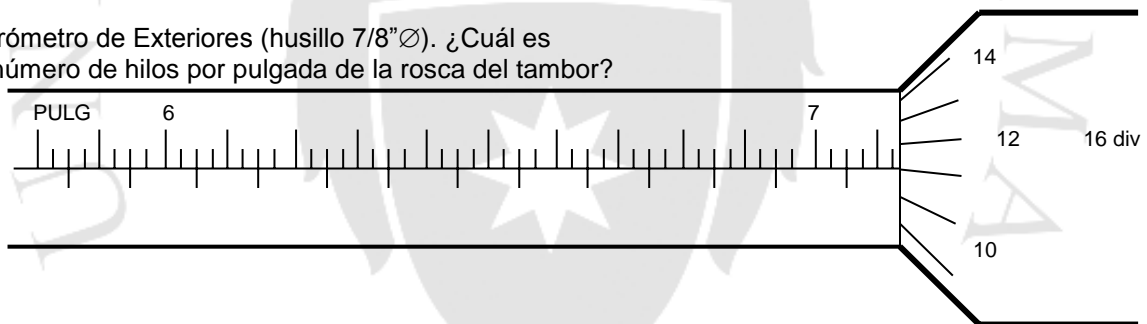
1.- Vernier o Pie de Rey



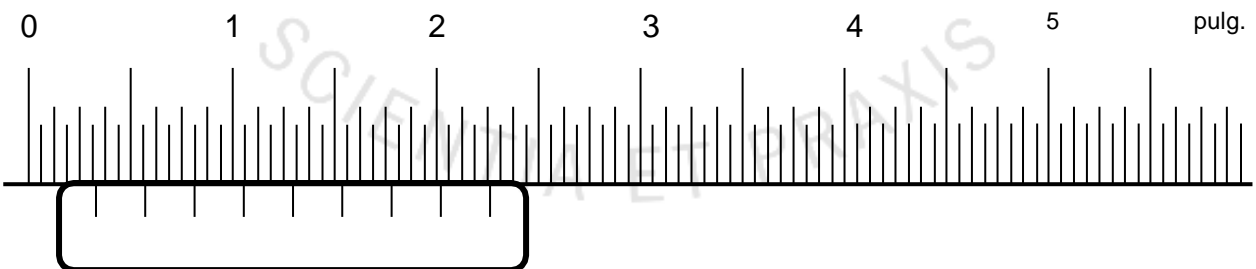
2.-Palmer en mm (husillo 20mm \varnothing). ¿Cuál es el paso en mm, del tornillo del tambor?



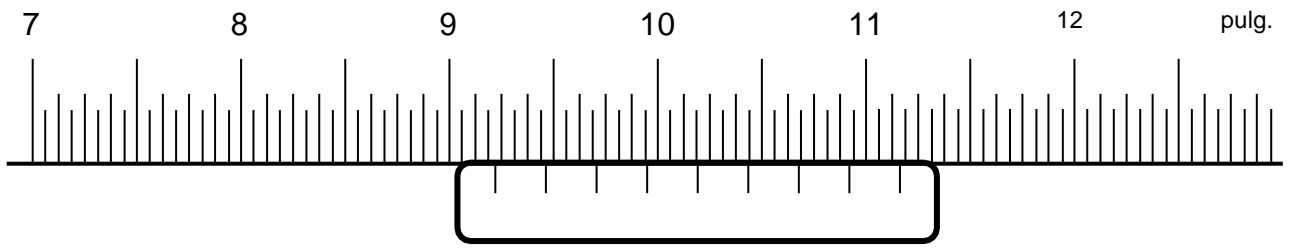
3.-Micrómetro de Exteriores (husillo 7/8" \varnothing). ¿Cuál es el número de hilos por pulgada de la rosca del tambor?



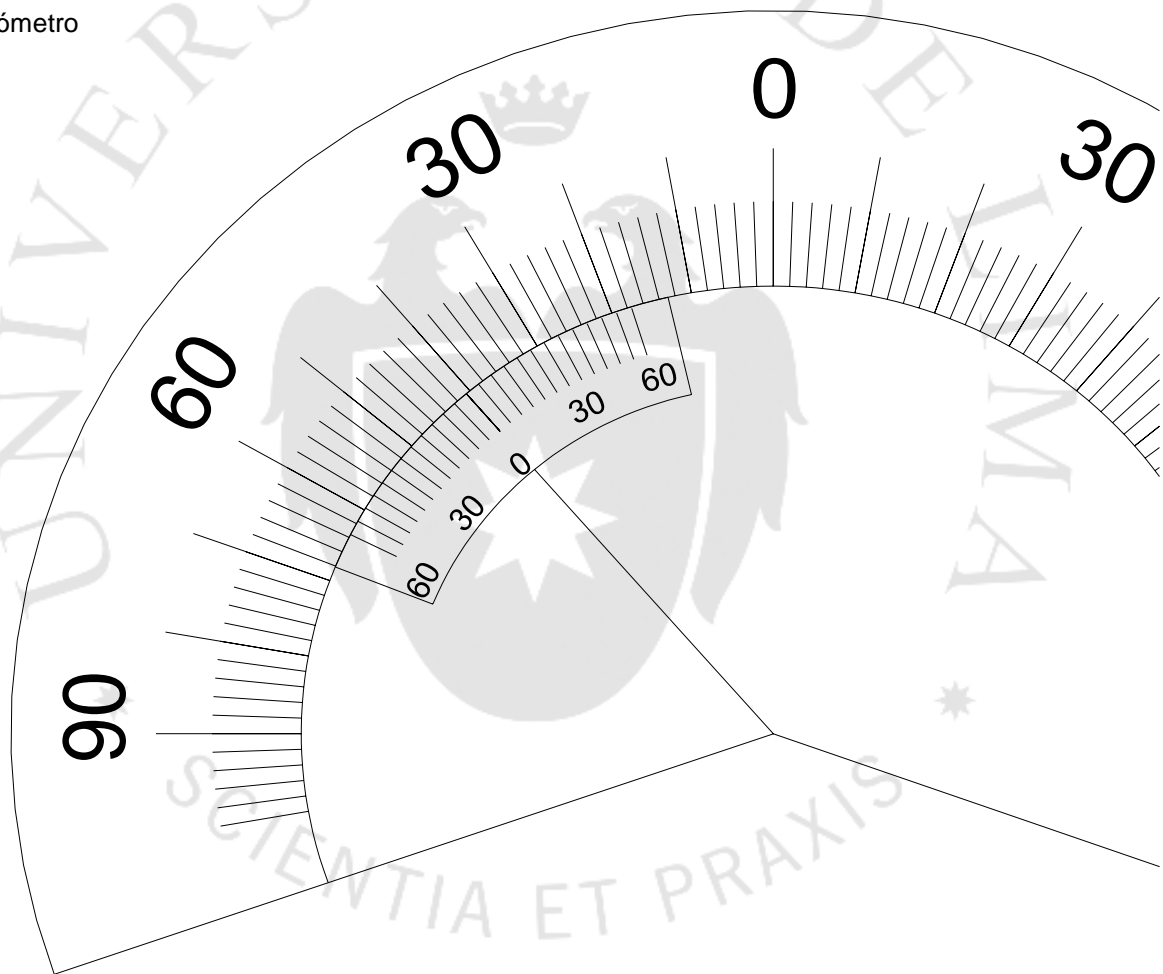
4.-Vernier A



5.-Vernier B



6.-Goniómetro





E.-TEORIA DE BANCO

Teoría de banco

Algunos instrumentos y herramientas de teoría de banco

(ver documento [TEORIA DE BANCO v.1.docx](#) en MATERIAL COMUN, para más detalle)

-Instrumentos de medición directa

Vernier o Pie de Rey



Micrómetro



Goniómetro



Profundímetro



Alturímetro o Gramil de Altura



Reloj comparador o micrómetro de esfera



-Instrumentos de medición indirecta o de verificación

Regla



Escuadra



Galga o Calibre de roscas,



de diámetros,



de luz o huelgo



Galga telescópica o calibrador telescópico



Mármol o mesa mármol



azul de Prusia



-Herramientas

Llave Allen o hexagonal



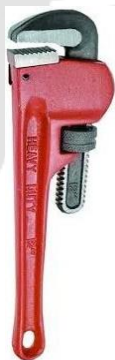
Llave Mixta (de boca y corona)



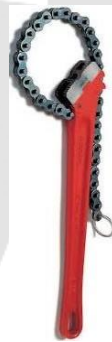
Llave francesa,



inglesa o Stillson
o para tubos,



de cadena, de gancho



Martillos de acero,



de bronce,



de baquelita



Alicate Seeger,



de Presión o Perro,



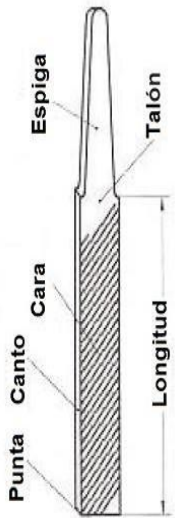
Pico de Loro,



de zócalo universal o para cabeza de perno



Limas,



limatones o limas de aguja,

y carda o escobilla de cerdas metálicas:



Rayador



Granete



Broca de centro



Broca



y

Escariador (de precisión)



Broca de avellanado o graneteado



Broca de abocardado o avellanado cilíndrico



Machos de roscar (grupo de tres) y porta machos



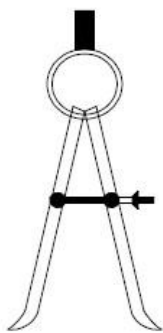
Terraja



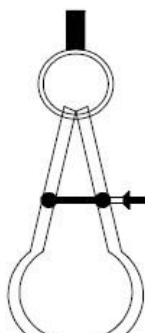
Gramil



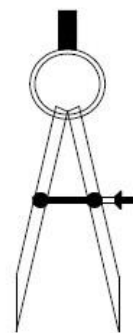
Compases



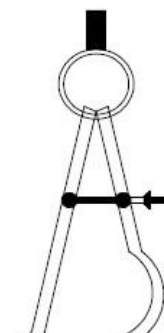
Compás de interiores



Compás de exteriores



Compás de puntas



Compás Hermafrodita

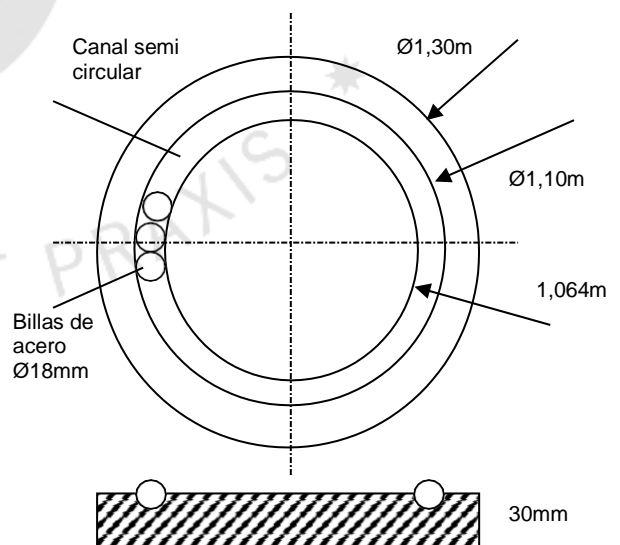
Preguntas y problemas

- a) ¿Qué significa la especificación de rosca M6x1?
- b) Si en una galga de rosca americana figura el número 16 ¿cuál es el paso del tornillo en pulgadas? (con 3 decimales)
- c) Dibujar una galga de arcos
- d) ¿De qué materiales está compuesto el proyecto MECÁNICO?
- e) ¿Qué significa rivet, spark plug y screw driver?
- f) ¿Cuál es la diferencia entre una lima y un limatón?
- g) ¿Cuál es la diferencia entre gramil y granete?
- h) ¿El calibrador telescópico nos permite realizar mediciones directas o indirectas?
- i) Se tienen barras circulares de $\varnothing 30\text{mm}$ y 1 metro de longitud. Se desean tronzar 600 ruedas de $\varnothing 30\text{mm}$ por 20mm de longitud con un útil de corte de 7mm de ancho de filo (paralelo al eje). ¿Cuántas barras de $\varnothing 30\text{mm}$ de 1 metro serán necesarias?
- j) Se desea llenar con agua una patera (piscina para niños) con un caño de 9 galones/min. La patera es cilíndrica, de altura 60cm y diámetro 7 metros. Se debe llenar solo hasta el 90% de su altura para evitar desborde ¿En cuántas horas se llena la patera? (1 galón=3,78litros)
- k) Se tiene un tornillo americano $\frac{1}{2}$ -12UNC-2A, de longitud roscada 10cm. ¿Cuántas vueltas debe dar para que ingrese toda su longitud en una rosca interior (o tuerca)?

****Se tiene un tornamesa de aluminio de $\varnothing 1,30$ metros que girará sobre billas de acero de $\varnothing 18\text{mm}$, dispuestas alrededor de un canal semicircular torneado, también de ancho 18mm. Será para uso y comodidad en mesas de restaurantes. El diámetro mayor del canal es 1,10 metros. Para el trabajo se partió de un plato de aluminio de $\varnothing 1,30\text{m}$ y ancho 30mm.

l) ¿Cuál es el número máximo posible de billas a instalar en el canal?

m) ¿Cuál es el volumen de viruta dejado por el torneado del canal? (cm^3)

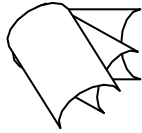


Solución

a) M=métrico diámetro nominal=6mm paso=1mm

b) NH=16 hilos/pulg paso=1/NH=1/16"=0,063"

c)



d) latón, ACERO, ALUMINIO, ETC

e) remache, bujía, destornillador

f) Lima: Herramienta utilizada para alisar una superficie metálica (limado).

Limatón: También conocida como lima de aguja, utilizada para limado en piezas pequeñas o para acabados finos.

g) Gramil: Instrumento para trazar, nivelar o centrar.

Granete: Herramienta para marcar el centro en una pieza que va a ser taladrada, para que la broca se fije en la marca y no se desvíe al realizar el agujero.

h) Es utilizado para medir en lugares inaccesibles. Es un instrumento de medición indirecta.

i) $1000 \text{ mm} / (20 + 7) = 37$; $600/37 \approx 17$ **barras**

j) $9 \text{ gal/min} \times 3,78 \text{ l/gal} \times 60 \text{ min/h} = 204,12 \text{ lt/h} = 2,04 \text{ m}^3/\text{h}$; $\pi \times 7^2 \times 0,6 \times 0,9/4 = 20,78 \text{ m}^3$
 $20,78 \text{ m}^3 \times \text{h} / 2,04 \text{ m}^3 = 10,19$ **horas**

k) 12UNC = 12 hilos/pulg; paso = $1/12 \times 2,54 \text{ cm} = 0,211 \text{ cm}$; $10 \text{ cm} / 0,211 \approx 47$ **vueltas**

l) $\pi \times 1082 \text{ mm} = 3392,9 \text{ mm}$; $3392,9 \text{ mm} / 18 \text{ mm/billa} = 188$ **billas**

m) $\pi \times 0,9^2/2 \text{ cm}^2 \times 339,29 \text{ cm} = 431,7$ **cc.**



TABLAS DEL TORNO

Velocidades de corte referenciales en el TORNO v (m/min)

| MATERIALES | Herramientas de ACERO RAPIDO (Ref. Torno Paralelo) | | | Herramientas de CARBURO METALICO (Ref. Torno CNC) | |
|--|---|---------|---------------------|---|---------|
| | Desbastado | Acabado | Roscado y Moleteado | Desbastado | Acabado |
| Acero 0,35 %C (hasta SAE 1035) | 25 | 30 | 10 | 200 | 300 |
| Acero 0,45 %C (hasta SAE 1045) | 15 | 20 | 8 | 120 | 160 |
| Acero extra duro (y aceros aleados) | 12 | 16 | 6 | 40 | 60 |
| Hierro Fundido Maleable | 20 | 25 | 8 | 70 | 85 |
| Hierro Fundido Gris | 15 | 20 | 8 | 65 | 95 |
| Hierro Fundido Duro | 10 | 15 | 6 | 30 | 50 |
| Bronce | 30 | 40 | 25 | 300 | 380 |
| Latón | 40 | 50 | 20 | 330 | 390 |
| Cobre | 45 | 55 | 10 | 350 | 400 |
| Aluminio | 60 | 90 | 35 | 500 | 700 |
| Duralumino | 50 | 60 | 15 | 380 | 500 |
| Fibra (vidrio) y Ebonita (caucho, azufe) | 25 | 40 | 10-20 | 120 | 150 |

Velocidades de avance referenciales para el torneado "a (mm/rev)"

| Material de la pieza en estado recocido | Útil de ACERO RAPIDO | | Útil de CARBURO METALICO | |
|---|----------------------|---------|--------------------------|---------|
| | Desbastado | Acabado | Desbastado | Acabado |
| Materiales blandos, aluminio, bronce | 0,5 | 0,20 | 2,50 | 0,25 |
| Acero SAE 1035 y menor (500MPa) | 0,5 | 0,20 | 2,50 | 0,25 |
| Acero SAE 1045 y menor (700MPa) | 0,4 | 0,15 | 2,00 | 0,20 |
| Acero extraduros y aleados (850MPa) | 0,30 | 0,05 | 0,6 | 0,15 |

Problemas de torno

1.-Determinar la velocidad de corte al cilindrar una pieza de aluminio de diámetro exterior $\phi 120$ mm en un torno cuyo husillo gira a 500 rpm. El diámetro final será $\phi 118$ mm.

Respuesta: $v = 189$ m/min.

2.-Determinar la velocidad de giro en rpm de un husillo de acero SAE1020, de diámetro exterior 90 mm ϕ y diámetro interior $\phi 75$ mm, mandrilado con útil de corte de acero de alta velocidad, a un diámetro final de $\phi 80$ mm. (Velocidad de corte 21,5 m/min).

Respuesta: $n = 86$ rpm

3.-Determinar la velocidad de avance al cilindrar un eje en un torno que gira a 200 rpm, y tiene un avance de la cuchilla de 0,26 mm/rev.

Respuesta: $v_L = 52$

4.-Determinar la profundidad de pasada al mandrilar una bocina de aluminio desde $\phi 55$ mm hasta $\phi 60$ mm en una sola pasada. El diámetro exterior es $\phi 72$ mm.

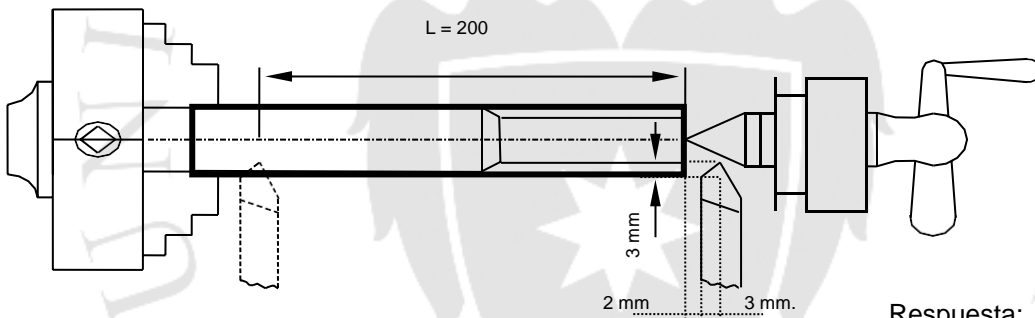
Respuesta: $p = 2,5$ mm

5.-Determinar la profundidad de corte y el número de pasadas de desbaste al cilindrar una pieza de bronce de diámetro 150 mm a 140,5 mm. La pasada de acabado será de 0,25 mm, y las de desbaste entre 1 y 2 mm.

Respuesta: $p = 1,5$ mm y 3 pasadas

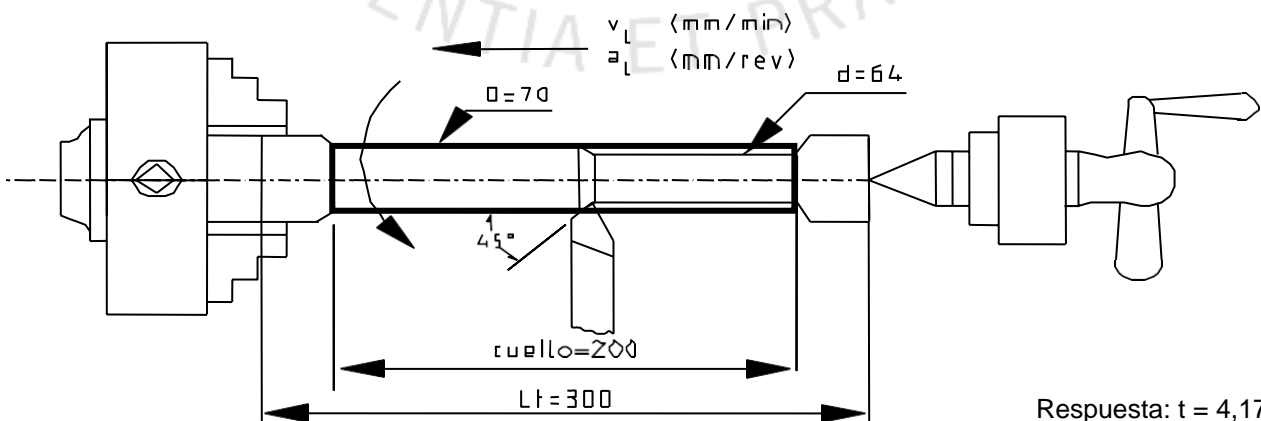
6.-Hallar el tiempo de pasada para cilindrar un eje a 200 mm de longitud y diámetro $\phi 64$ mm a partir de una barra de 250 mm de longitud y $\phi 70$ mm. El torneado se realiza en una pasada. La entrada de la cuchilla puede considerarse a 2 mm del material. El ángulo de posición de la cuchilla es 45° . El chuck gira a 400 rpm, y el avance es 0,25 mm/rev.

-Además, hallar el volumen de viruta del cilindrado y el volumen del tocho a tronzar, cm^3



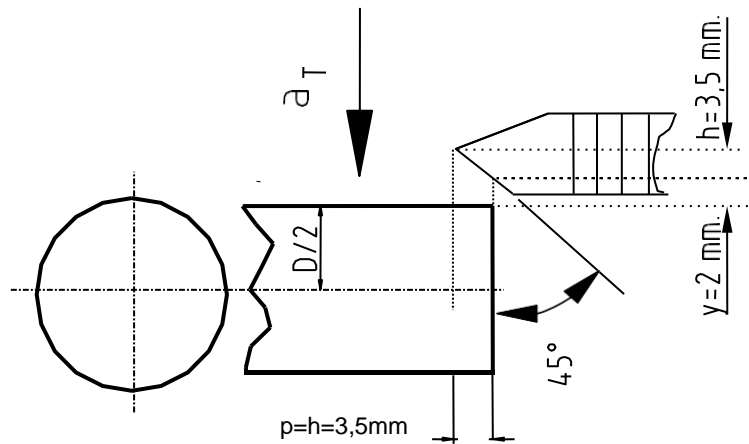
Respuesta: $t = 2,05$ min.
 $V_v = 126,2 \text{ cm}^3$; $V_{\text{tocho}} = 192,3 \text{ cm}^3$

7.- Determinar el tiempo de maquinado en una sola pasada, durante el cilindrado del cuello de longitud 200 mm, de un árbol de 300 mm de longitud total, desde $\phi 70$ mm hasta $\phi 64$ mm. El torno gira a 120 rpm y el avance es de 0,4 mm/rev. La cuchilla para cilindrado tiene un ángulo de posición o trabajo de 45° . Se entiende que previamente se ha realizado el tronzado parcial pasando de 70 mm a 64 mm.



Respuesta: $t = 4,17$ min.

8.- Determinar el tiempo de maquinado durante el refrentado de una cara a 3,5mm de profundidad de pasada en una sola pasada, de una barra de diámetro $\phi 165$ mm. El torno gira a 480 rpm y el avance es de 0,15 mm/rev. La cuchilla para refrentar tendrá un ángulo de trabajo de 45° . Considerar 2 mm de retiro de la cuchilla de entrada.



Respuesta: $t = 1,22$ min

9.- Uno de los ejes reductores de velocidad de la caja Norton de un torno ha sufrido un desgaste. Se ha previsto hacer un nuevo eje y se cuenta como materia prima con un eje de acero extraduro de 60 mm de diámetro y 180 mm de largo. Deberá obtenerse un eje final de 50 mm de diámetro y 150 mm de largo. El útil de corte es de acero rápido (acero de alta velocidad, o HSS high speed Steel), de 2,5 mm de longitud de filo y 45° de ángulo de posición de filo. Para el desbaste y el acabado se recomienda un avance de 0,018 y 0,013 pulg/rev respectivamente. Determinar:

- La máxima profundidad de pasada posible, debido a la posición de la cuchilla.
- El número mínimo de pasadas de desbaste de igual profundidad, si las dos pasadas de acabado serán de 0,15 mm de profundidad.
- El espesor aproximado de viruta en el desbaste y en el acabado en mm.
- Las RPM del chuck en el desbaste y en el acabado.

SOLUCION:

a) $p = 2,5 / \sqrt{2} = 1,77$ mm

b) $p = (60-50) / 2 = 5$ mm ; $NP \times p + NP_A \times p_A = 5$ mm

$$NP \times 1,77 + 2 \times 0,15 = 5 \text{ mm}$$

$$NP \approx 3$$

c) avance (pulg/vuelta) = espesor de viruta (numéricamente igual en pulg) ;

desbaste: 0,018 pulg/rev = **0,4572 mm** ; acabado: 0,013 pulg/rev = **0,3302 mm**

d) acero con 0,4% de carbono ; $v_c = 15$ m/min (desbaste) y $v_c = 20$ m/min (acabado)

$$n = (1000 v_c) / \pi \times d ; \quad n_D = 79,6 \text{ rev/min} \quad \text{y} \quad n_A = 125,87 \text{ rev/min}$$

10.- Determinar el tiempo de maquinado para tronzar un aro a partir de un eje de forma tubular, en un torno con una cuchilla de aleación dura. El diámetro exterior es de $\phi 100$ mm, el interior $\phi 84$ mm. El husillo del torno gira a 50 rpm y el avance es de 0,14 mm/rev. Considerar un retiro de la cuchilla al inicio de 2 mm, y al final también de 2 mm.

Respuesta: $t = 1,72$ min

11.- A partir de una barra cuadrada de 30 x 30 mm. de acero Bohler E920 (SAE 1020) de 40 cm de largo, se desea torneear por cilindrado, un eje final de 1 pulg de diámetro y 320mm de longitud para un motor eléctrico de 2HP. Asumir una sola pasada de acabado de profundidad 0,5mm. Considerar un retiro del útil de corte de 3 mm y ángulo de trabajo de 90°. Usar útil de acero rápido

Rpm del torno

| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| 20 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 |
| 400 | 450 | 500 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 |

- ¿Qué r.p.m. recomienda para el chuck del torno paralelo en el desbastado?
- ¿Qué rpm recomienda para el acabado?
- Hallar el número de pasadas de desbaste menores de 2,5 mm.
- Hallar el tiempo de cada pasada de desbaste, si el avance es 0,3mm/rev.
- ¿Cuál es el tiempo de pasada para dar el acabado del cilindrado a 1 pulg? (avance 0,1 mm/rev)

SOLUCION:

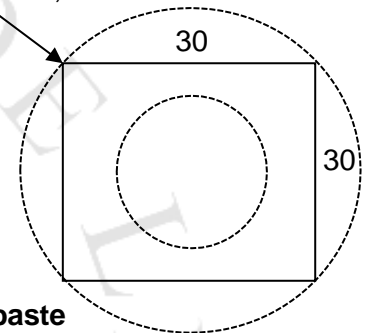
SAE 1020 (0,2% C). Tablas: $v = 25$ m/min (desbastado) y 30m/min(acabado)

a)

$$n = \frac{v \times 1000}{\pi \times d} = \frac{25 \times 1000}{\pi \times 42,43} = 187,59 \text{ r.p.m.}$$

de tablas: $n_D = 150$ rpm

$d = 42,43$ m



b) $d_A = 25,4 \text{ mm} + 2(0,5 \text{ mm}) = 26,4 \text{ mm}$;

$$n_A = v \cdot 1000 / \pi d_A = 30 \times 1000 / \pi (26,4 \text{ mm}) = 361,6 \text{ rpm}$$

de tablas: $n_A = 350$ rpm (tablas)

c) $(42,43 - 25,4) / 2 = NP \cdot 2,5 + 1 \cdot 0,54$; $NP = 3,2$; luego **NP=4 pasadas desbaste**

d) $V_{LD} = 0,3 \times 150 = 45 \text{ mm/min}$; $t_p = L / V_{LD} = (320 + 3 + 0) / (45 \text{ mm/min}) = 7,18 \text{ min} = 431 \text{ seg}$

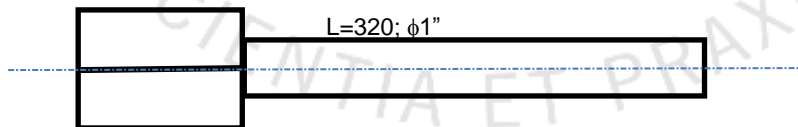
d) $V_{LA} = 0,1 \times 350 = 35 \text{ mm/min}$; $t_p = L / V_{LD} = (320 + 3 + 0) / (35 \text{ mm/min}) = 9,23 \text{ min} = 554 \text{ seg}$

12.-Del problema anterior (prob.11): Una vez que se ha cilindrado la barra a una longitud de 320mm y 1 pulg de diámetro, se debe tronzar con útil de tronzar de 5mm de ancho de filo. Retiro del útil 3mm.

a) ¿cuáles son las rpm del chuck para el tronzado?

b) ¿Cuántos segundos demora el tiempo de pasada para lograr el tronzado o corte a la longitud deseada del eje, si el avance es de 0,15 mm/rev? (velocidad máxima de corte 10 m/min).

c) Si el tiempo de preparación de máquina es 25 minutos y los tiempos muertos son el 85% de cada tiempo de pasada, hallar el tiempo total de maquinado para una pieza y para 20 piezas.



Solución :

a) $1'' = 25,4 \text{ mm.}$; $v = 10 \text{ m/min}$; $y = 2 \text{ mm.}$ $r = 42,42 / 2 = 21,21 \text{ mm}$

$$n_{tr} = \frac{v \times 1000}{\pi \times d} = \frac{10 \times 1000}{\pi \times 42,42} = 75 \text{ r.p.m.} ; \text{ Tablas: } n_{tr} = 50 \text{ rpm}$$

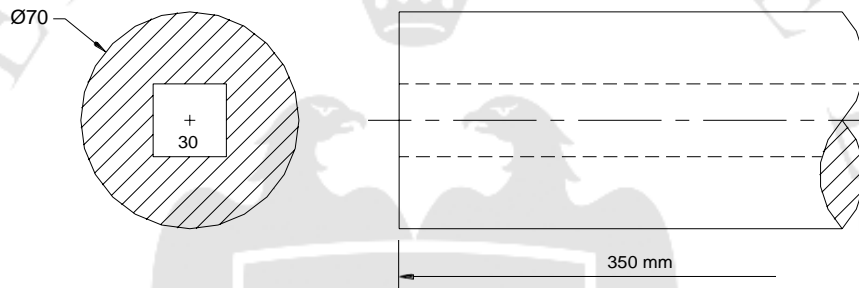
b)

$$t_p = \frac{r + y}{a_{tr} \times n_{tr}} = \frac{21,21 + 3}{0,15 \times 50} = 3,23 \text{ min} = 194 \text{ seg.}$$

c) Tarea.

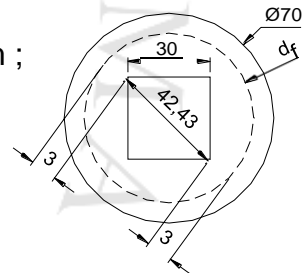
13.-Se fabrica un husillo especial para una grúa-puente, a partir de una barra hueca de 350mm de largo, perfil exterior $\phi 70$ mm, y cuadrado de lado 30mm como agujero interior. Es decir, el espesor de esta barra hueca es variable según el ángulo de giro. El material es acero SAE 4815 (AISI 4815; pag.46) con tratamiento térmico de temple. El torneado será de cilindrado exterior, con pasadas de desbaste entre 1 y 2,5 mm de igual profundidad, y una de acabado menor a 0,3 mm; hasta lograr un espesor mínimo posible de 3 mm en la barra.

- ¿Cuál será el mínimo número de pasadas de desbaste de igual profundidad en el cilindrado? y ¿qué profundidad en las pasadas de desbaste y acabado ha considerado?
- ¿Cuál es la longitud en mm, que alcanza la barra ya torneada ante un esfuerzo de tracción antes de la rotura?
- ¿Cuál sería el espesor mínimo posible de la barra para evitar la rotura ante una tracción de 60 toneladas?
- ¿Cuáles son las rpm del chuck del torno en el refrentado de 0,1 mm de profundidad de la barra inicial, si la velocidad de corte recomendada es 590 pulg/min para útil de acero rápido? Ángulo de filo del útil 45° .
- ¿Qué tiempo se necesita en el refrentado de un extremo, según datos de (d), si el avance del carro longitudinal es 0,17 pulg/rev y del carro transversal 0,02 pulg/rev? Considerar un retiro del útil de corte de 4 mm.



SOLUCION:

- a) $D_f = 30\sqrt{2} + 2(3) = 48,43 \text{ mm}$; $e = 3$; $(70 - 48,43) / 2 = 10,785 \text{ mm}$;
 $(70 - 48,43) / 2 = NP \times 2,5 + 0,3 = 10,785 \text{ mm}$; \rightarrow **NP \approx 5 pasadas**
 Por lo tanto: $5P + 0,3 = 10,785 \text{ mm}$;
 $P_d \approx 2,1 \text{ mm}$ y $5(2,1) + P_a = 10,785 \text{ mm}$
 Luego: $P_a = 0,285 \text{ mm} < 0,3 \text{ mm}$.

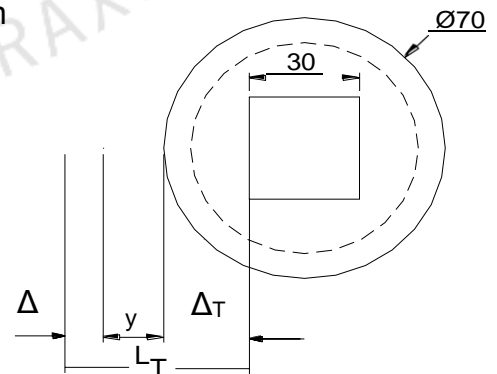


- b) De la tabla de la página 44 de la separata: SAE4815 $\rightarrow \Delta L / L = 27\%$; $\sigma = 92,000 \text{ psi} = 635 \text{ N/mm}^2$; $\Delta L = 94,5 \text{ mm}$; $L_f = 350 + 94,5 \text{ mm} = 444,5 \text{ mm}$.

- c) $A = (\pi d_f^2 / 4) - 30^2 \rightarrow (60000 \times 9,8 \text{ N}) / A \leq 635 \text{ N/mm}^2$;
 $A \geq 925 \text{ mm}^2$; $(\pi d_f^2 / 4) - 30^2 \geq 925 \text{ mm}^2$; $d_f \geq 48,22 \text{ mm}$
 $e = (48,22 - 42,43) / 2 \approx 2,9 \text{ mm}$.

- d) $n = (12 \times 590 \text{ pulg/min} \times 1 \text{ pié} / 12 \text{ pulg}) / (\pi \times 70 \text{ mm} \times 1 \text{ pulg} / 25,4 \text{ mm})$
 $n = 68 \text{ rev/min}$.

- e) $t = L_T / v_L = (70 - 30) / 2 + y + \Delta$;
 $y = 4 \text{ mm}$; $\Delta = p = 0,1 \text{ mm}$; $L_T = 24,1 \text{ mm}$
 $v_L = a \times n$
 $v_L = 0,02 \text{ pulg/rev} \times 25,4 \text{ mm/pulg} \times 68 \text{ rev/min}$
 $v_L = 34,54 \text{ mm/min}$
 $t = 24,1 \text{ mm} / 34,54 \text{ mm/min}$
 $t = 0,7 \text{ min} = 4,2 \text{ seg}$.



14.- A partir de un eje de acero SAE 1045 de 38,1 mm de diámetro y 300 mm de longitud se desea producir en el torno un eje de 25,4 mm de diámetro y 250 mm de longitud para su uso en un motor eléctrico.

- Determinar para el husillo del torno paralelo las r.p.m. en el desbaste con cuchilla de acero rápido.
- Calcular el tiempo de pasada para el cilindrado de acabado del eje a 25,4 mm, considerando un avance de 0,20 mm/rev y una profundidad de corte de 0,2 mm
- Calcular el tiempo para el tronzado de corte del eje después del acabado cuando ya tiene 25,4 mm de diámetro. Utilice para el avance del tronzado 0,10 mm/rev y una velocidad de corte de tronzado igual a 10 m/min.
- Determine el volumen y el caudal de viruta producido durante el cilindrado de acabado si se hace una sola pasada de profundidad igual a 0,2 mm.

| RPM | | | | | |
|------|------|-----|-----|-----|------|
| | | 20 | 40 | 60 | 80 |
| 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 |
| 220 | 240 | 260 | 280 | 300 | 350 |
| 400 | 450 | 500 | 600 | 800 | 1000 |
| 1500 | 2000 | | | | |

SOLUCION:

a) De tablas:

$$v_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000}; \quad n = \frac{1000 v_c}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 15}{3,14 \times 38,1} = 125,38 \text{ r.p.m.}$$

Se elige de la tabla adjunta: 120 r.p.m.

b) $t = L / a \times n$

para acabado: Se elige de la misma separata v_c de acabado = 20 m/min

$$n = \frac{1000 v_c}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 20}{3,14 \times [25,4 + 2(0,2)]} = 246,75 \text{ r.p.m.}; \text{ elegimos } = 240 \text{ r.p.m.}$$

$$t = \frac{250 + 2 \text{ mm}}{0,20 \times 240} = 5,25 \text{ minutos} \cong 6 \text{ minutos.} \quad (y = 2 \text{ mm.})$$

c) Para el tronzado:

$$n = \frac{1000 v_c}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 10}{3,14 \times 38,1} = 83,6 \text{ r.p.m.}; \text{ elegimos } = 80 \text{ r.p.m.}$$

$$t = \frac{(38,1 / 2) + 2 \text{ mm}}{0,10 \times 80} = 2,63 \text{ minutos} \quad (y = 2 \text{ mm.})$$

c) Se deduce que el diámetro inicial es 25,4 + 0,2 + 0,2 = 25,8 mm.

y el diámetro final es 25,4 mm.

Por lo tanto:

$$\frac{\pi d_i^2}{4} \times 250 - \frac{\pi d_f^2}{4} \times 250 =$$

$$= \frac{\pi (25,8)^2}{4} \times 250 - \frac{\pi (25,4)^2}{4} \times 250 = 4021 \text{ mm}^3$$

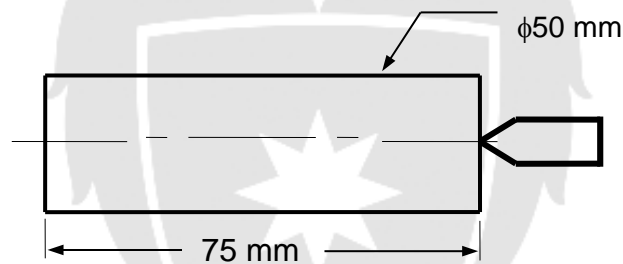
$$t = 250 / 0,2 \times 240 = 5,2 \text{ minutos.}$$

Luego:

$$\text{Caudal} = V = 4021 \text{ mm}^3 / 5,2 = 773,27 \text{ mm}^3/\text{min} = 0,77 \text{ cm}^3/\text{min}$$

15.- Se tiene un eje de aluminio de 50 mm de diámetro y 75 mm de largo y se desea hacer el refrentado de sus caras. La velocidad de avance de la cuchilla puede ser 0,4 mm/rev, y el chuck del torno gira a 400 r.p.m.

- ¿Cuál será la velocidad mínima de corte en dicho torneado en m/min?
- ¿Cuál será el tiempo teórico de refrentado de una de sus caras? (se considera solo radio de la pieza a cortar, sin distancia de retiro de la cuchilla, ni descanso)



SOLUCION:

$$\text{a) } v = 0 \text{ m/min en el centro, } (r = 0, v_c = n \times r = 0 \text{ m/min})$$

$$\text{b) } v_L = a \times n = 160,0 \text{ mm/min, } t_p = r / v_L = 25 / 160 = 0,156 \text{ min} = 10 \text{ seg.}$$

16.- Se desea cilindrar una barra de acero SAE 1030 de 150 mm de diámetro original a 142 mm de diámetro final con tres pasadas de desbaste de igual profundidad y una pasada de acabado de 0,4 mm. Determinar la profundidad de pasada de desbaste.

SOLUCION:

$$(150 - 142)/2 = 3p + 1 \times 0,4 \quad : \quad \text{profundidad de pasada de desbaste: } p = 1,2 \text{ mm}$$

17.- A partir de una barra circular perforada de 500 mm de longitud y 25 mm de diámetro con un espesor de 4,5 mm; se desea maquinar un manguito (eje tubular o bocina) "cotas: mm"

a) Indicar las operaciones a realizar para lograr dicho manguito.

b) ¿Cuál es el diámetro inicial de la barra circular?

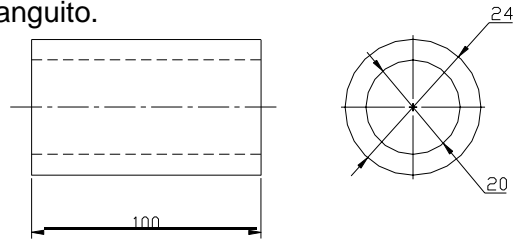
SOLUCION:

a) Cortar la barra circular a 100 mm.

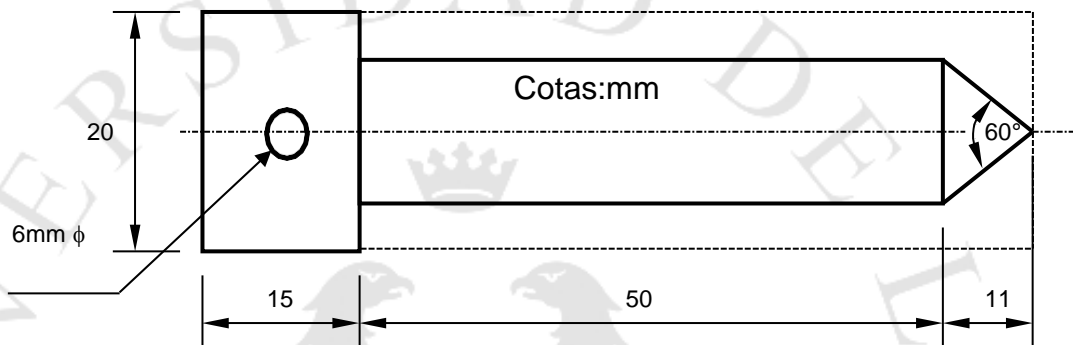
Cilindrar con un desbaste de 0,5 mm.

Mandrilar interior de 2 mm.

b) El diámetro interior inicial es de 16 mm.



18.- Se desea fabricar un clavo de anclaje tal como se muestra en la figura. Para ello se cuenta con una barra de sección cuadrada de lado 1,5 pulgadas y de 100 mm de longitud de acero SAE 1020. El torno tiene instalado un útil de corte de acero rápido. La profundidad de corte en desbaste deberá estar en el rango de 0,3 a 1 mm, mientras que el acabado se realizará con una sola pasada de 0,15 mm. Hallar:



a) Profundidad de pasada con 5 pasadas de igual profundidad, sin dar acabado, para cilindrar a 20mm ϕ .

b) El ángulo que debe girar el carro compuesto para realizar el torneado cónico.

c) Número mínimo de pasadas de desbaste de igual profundidad para el cilindrado del segmento de 50 mm de longitud, a partir de los 20mm ϕ del cilindrado anterior.

d) Tiempo de pasada de acabado de 0,15mm en el torneado cónico con avance de 0,12 mm/rev.

e) Una vez concluidas las operaciones de torneado la pieza es templada y ya no se puede maquinar. ¿Qué tratamiento térmico recomendaría a la pieza final templada, para posteriormente poder taladrar un agujero pasante de 6mm ϕ ?

SOLUCION:

a) $d_i = 1,5 \times 25,4 \times 1,4142 \text{ mm} = 53,88 \text{ mm}$; $(d_i - d_f) / 2 = NP \cdot p + NP_A \cdot p_A$; $(53,88 - 20) / 2 = 5p$; **$p = 3,4 \text{ mm}$** ;

b) $\alpha = 30^\circ$

c) $[d_f / 2] / 11 = \text{tg} 30^\circ$; $d_f = 12,7 \text{ mm}$; $(20 - 12,7) / 2 = NP \cdot p + 1 \times 0,15$ $NP \cdot p = 3,5 \text{ mm}$; si $p = 1 \text{ mm}$; $NP = 3,5$;

NP es entero; para $NP = 4$, **$p = 0,875 \text{ mm}$**

d) $n = (1000 \times 30) / \pi \times 12,7 = 752,3 \text{ r.p.m.}$; $L = 11 / \cos 30^\circ = 12,7 \text{ mm}$

$L_T = L + 2y + \Delta = 12,7 + 2(2) + 0,15 = 16,85 \text{ mm}$; $t_p = 16,85 / 0,12(752,3) = 0,186 \text{ min} = 11,2 \text{ seg.}$

e) Un tratamiento térmico de recocido.

19.- Problema propuesto

Se tiene un eje de material ACERO SAE 1060 de $\varnothing 1/2"$ y 140 mm. de largo y se desea fabricar una rosca exterior 3/8" – 16 UNC – 2A, long. 120 mm.

a) Recomendar el número de pasadas de desbaste entre 1 y 2 mm, si la pasada de acabado será de 0,1 mm?

b) ¿Cuáles serán las rpm en el desbaste y el acabado, si el útil es de acero de alta velocidad?

c) ¿Cuál es el tiempo de cada pasada de desbaste, si se tiene 0,1 y 0,4 mm/rev. de avance?

d) ¿Cuál es el tiempo de tronzado al final del proceso, si el avance es 0,05 mm/rev? Puede considerar las rpm del desbaste



VELOCIDADES DE CORTE DE LA FRESA (m/min)

| MATERIALES | HERRAMIENTA o FRESA | |
|---|-------------------------|--------------------|
| | Acero de alta velocidad | Pastilla carburada |
| Aluminio | 150 - 300 | 300 - 600 |
| Latón blando | 21 - 53 | 105 - 180 |
| Bronce duro | 20 - 39 | 60 - 127 |
| Bronce muy duro | 9 - 15 | 37 - 60 |
| Hierro fundido blando | 15 - 24 | 75 - 97 |
| Hierro fundido duro | 9 - 15 | 45 - 60 |
| Hierro templado por enfriamiento rápido | ---- | 30 - 60 |
| Hierro maleable | 21 - 30 | 75 - 111 |
| Acero blando $\leq 0,20\% \text{ C}$ | 18 - 27 | 45 - 75 |
| Acero mediano $\leq 0,45\% \text{ C}$ | 15 - 24 | 37 - 60 |
| Acero duro o acero aleado | 9 - 15 | 30 - 45 |

*a falta de información se debe tomar el valor promedio

VOLUMEN ADMISIBLE DE VIRUTA AL FRESAR V (cm³/kW-min)

| MATERIAL | ACERO 1010 | ACERO 1050 | ACERO ALEADO | HIERRO FUNDIDO | LATÓN (Cu, Zn) | METALES LIGEROS |
|--------------------|------------|------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|
| FRESADO CILÍNDRICO | 12 | 10 | 8 | 22 | 30 | 60 |
| FRESADO FRONTAL | 15 | 12 | 10 | 28 | 40 | 75 |

AVANCES PARA ALGUNAS FRESAS a (mm/labio)

| MATERIALES | HERRAMIENTA o FRESA | |
|------------------------------|-------------------------|--------------------|
| | Acero de alta velocidad | Pastilla carburada |
| Aluminio | 0,13 - 0,57 | 0,40 - 0,67 |
| Latón (Cu + Zn) | 0,11 - 0,53 | 0,30 - 0,63 |
| Bronce (Cu + Sn) | 0,10 - 0,48 | 0,35 - 0,56 |
| Hierro fundido blando | 0,10 - 0,48 | 0,22 - 0,50 |
| Hierro fundido duro | 0,07 - 0,33 | 0,14 - 0,40 |
| Acero blando SAE 1020, 1120 | 0,08 - 0,28 | 0,18 - 0,35 |
| Acero mediano SAE 1045, 1145 | 0,07 - 0,23 | 0,14 - 0,30 |
| Acero duro y aceros aleados | 0,04 - 0,15 | 0,12 - 0,27 |

*a falta de información se debe tomar el valor promedio

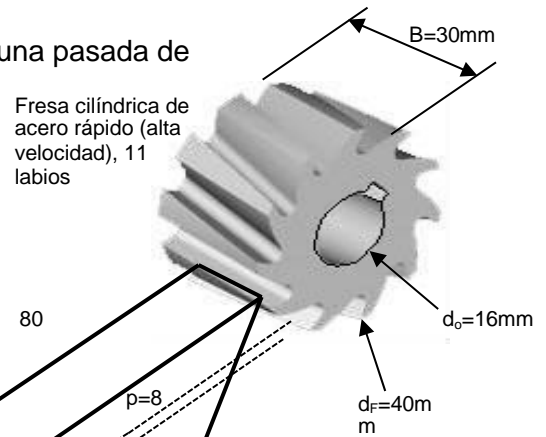
Problemas de fresado

1.-Dada la figura, se desea fresar la altura del bloque con una pasada de desbaste de 8mm y una de acabado de 0,2mm.

(Considerar fresadora de 2kW, retiro de la fresa 4mm).

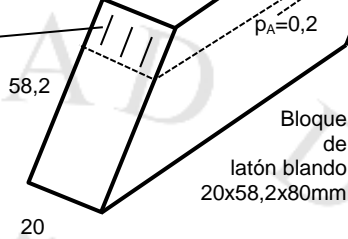
Hallar:

- las rpm de la fresa para el desbaste
- la velocidad lineal de avance de la mesa en el desbaste y en el acabado (mm/min)
- el caudal de viruta en el acabado (cm^3/min)
- el tiempo de pasada de desbaste y acabado



-Sección de corte en el desbaste: (b.e)

$$b.e = 20\text{mm} \cdot 8\text{mm} = 160\text{mm}^2$$



Solución:

a) $n = 2v/d_F = 2(37\text{m}/\text{min})/40\text{mm} = 294,4\text{rpm}$ en desbaste

b) Velocidad lineal de avance de la mesa

Por Máquina: $v_L = (V/(b \cdot e))\text{Pot} = (30\text{cc}/\text{kW} \cdot \text{min}/160\text{mm}^2) \cdot 2\text{kW} = 375\text{ mm}/\text{min}$

Por Fresa: $v_L = a \cdot n \cdot z = (0,32\text{mm}/\text{labio}) \cdot (294,4\text{rev}/\text{min}) \cdot (11\text{labios}/\text{rev}) = 1036,3\text{ mm}/\text{min}$

El menor valor será: desbaste $v_L = 375\text{ mm}/\text{min}$,

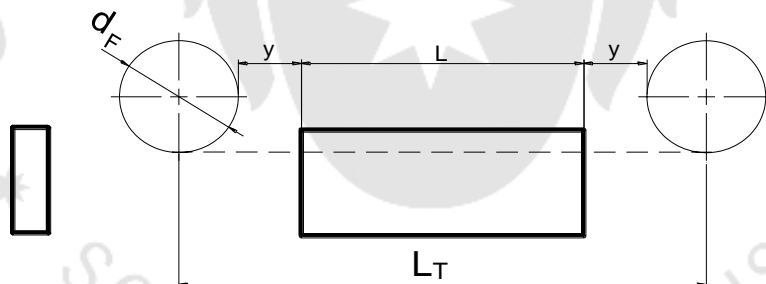
y el acabado será: $v_{LA} = 0,7 v_L = 262,5\text{ mm}/\text{min}$

c) Caudal de viruta en el acabado: $Q_A = v_{LA} \cdot A_{CA}$

$$= 262,5\text{ mm}/\text{min} \cdot (0,2 \cdot 20)\text{mm}^2 = 1,05\text{ cm}^3/\text{min}$$

d) La longitud total aproximada es: $L_T \approx L + 2y + d_F = 80\text{mm} + 2(4\text{mm}) + 40\text{mm} = 128\text{mm}$

Tiempo por pasada de desbaste: $t = L_T/v_L = 0,341\text{min} = 21\text{ seg}$; acabado $t_A = 0,49\text{min} = 29\text{seg}$

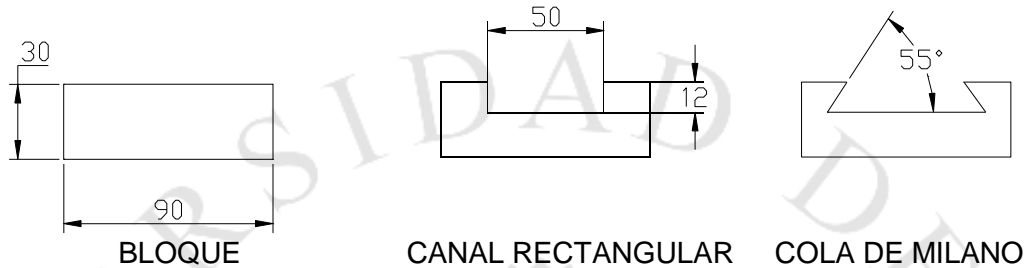


2:- **Tarea:** 1.-Dada la figura del problema 1; pero usando fresa frontal de vástago, de 12mm ϕ , 2 labios de longitud 7mm, usando 4mm de profundidad de cada pasada, y 0,2mm de acabado; se desea fresar el bloque de 20x58,2x80. Al final se debe obtener un bloque de 20x50x80 (Considerar fresadora de 2kW, retiro de la fresa 4mm). Hallar:

- # de pasadas de desbaste y acabado
- las rpm de la fresa para el desbaste
- la velocidad lineal de avance de la mesa en el desbaste y en el acabado (mm/min)
- el caudal de viruta en el acabado (cm^3/min)
- el tiempo de pasada de desbaste y acabado
- el tiempo total de maquinado, si la preparación de máquina toma 20 minutos y el tiempo muerto o de retorno se estima en 85% de cada pasada.

3.- A partir de un bloque de acero SAE 3130, de medidas 110 x 90 x 30 mm, se desea fabricar una corredera tipo cola de milano para la guía del gramil del torno ENCOMAT. El proceso de fabricación se hará en dos etapas: primero un canal rectangular de 50 x 12 mm, y luego la cola de milano con un ángulo de 55° usando una fresadora universal de 4,5 kW de potencia al husillo.

Hay dos fresas frontales posibles para el canal rectangular, ambas de 30 mm de diámetro y 8 mm de altura de labios; una de acero rápido para aceros al carbono, y la otra de filos carburados para aceros al cromo o aleados. Además hay dos fresas tipo cola de milano, ambas de 30 mm. de diámetro, 15 mm de altura de labios y 55°, siendo también una de acero rápido y la otra de filos carburados como las fresas anteriores. Todas las fresas tienen 7 labios. El esquema de corte muestra los pasos a seguir. Solo considerar pasadas de desbaste.



- ¿Qué velocidad de rotación, en r.p.m., recomienda para el árbol porta fresa, al frezar el canal rectangular? (indicar la razón)
- ¿Cuál es el tiempo estimado de cada pasada para tallar el canal rectangular completo?
- ¿A qué velocidad debe girar, en r.p.m., la fresa tipo cola de milano, para tallar la guía tipo cola de milano?
- Calcular el tiempo de trabajo con la fresa tipo cola de milano por cada pasada. Considerar retiro del útil de corte de 4 mm.

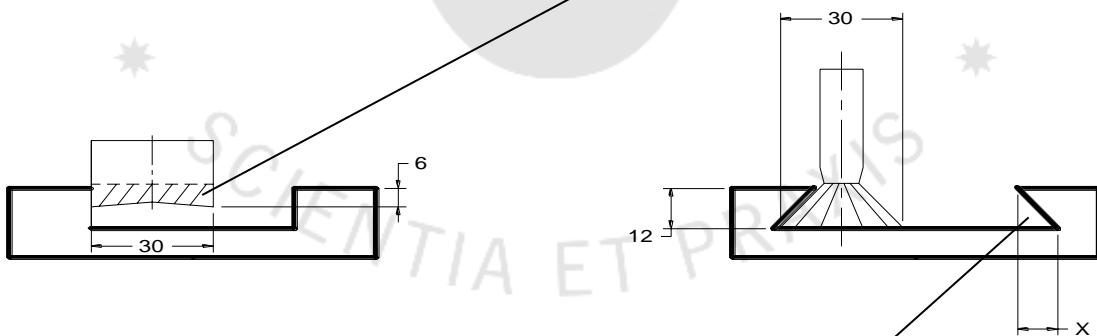
SOLUCION:

- De tablas: se obtiene la velocidad de corte promedio para acero aleado y pastilla carburada 30 – 45 m/min; $v = 37,5 \text{ m/min}$ carburados.

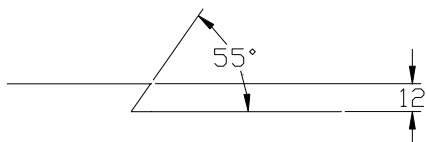
Volumen admisible de viruta $V = 10 \text{ cm}^3/\text{kW} - \text{min}$ para fresado frontal.

- De tablas: el avance para fresas es 0,12 – 0,27 mm/labio; el promedio es $a = 0,195 \text{ mm/labio}$

La sección de corte (b.e) para el canal rectangular es: $(b.e) = 30 \text{ mm} \times 6 \text{ mm} = 180 \text{ mm}^2$



La sección de corte para el triángulo de la cola de milano es: $(b.e) = (12 \text{ mm} \times X)/2 = ?$



$$\text{tg } 55^\circ = \frac{12}{x} = 1,428$$

Luego: $x = 8,40 \text{ mm}$

$$\text{Área del triángulo: } \frac{12 \times 8,40}{2} = 50,4 \text{ mm}^2 = 0,504 \text{ cm}^2 / \text{pasada}$$

a)

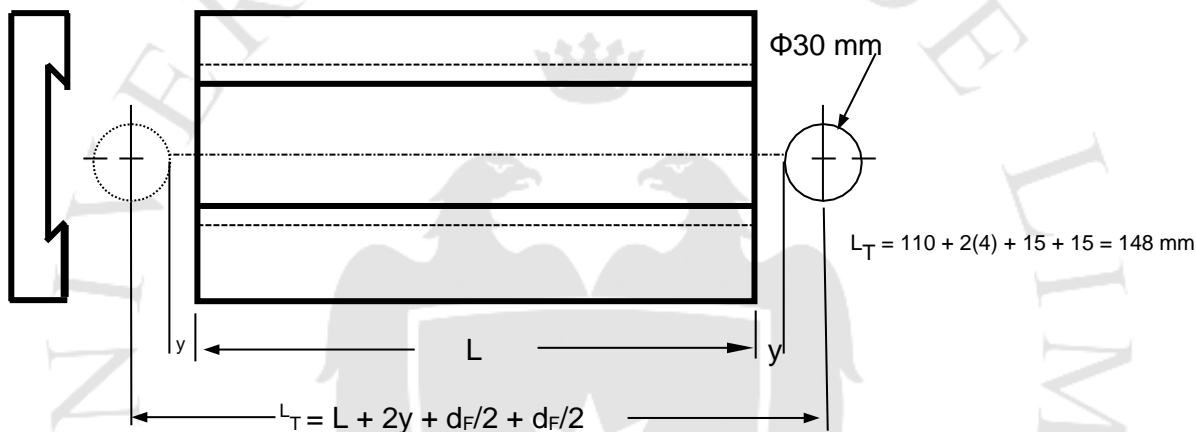
$$V_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000} ; n = \frac{1000 v_c}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 37,5}{3,14 \times 30} = \mathbf{398 \text{ r.p.m.}}$$

b) La velocidad lineal de avance de la mesa:

Por máquina: $v_L = (V / b \times e) \text{ Pot} = (10 \text{ cm}^3 / 30 \times 6) \times 4,5 \text{ kW} \times 1000 \text{ mm}^3 / 1 \text{ cm}^3 = 250 \text{ mm/min}$

Por fresa: $v_L = a \times z \times n = 0,195 \text{ mm/labio} \times 7 \text{ labios} \times 398 \text{ rev/min} = 543,3 \text{ mm/min}$

Se elige la menor: $v_L = \mathbf{250 \text{ mm/min}}$ (acabado sería: $v_{LA} = 0,7 \times 250 = 175 \text{ mm/min}$)



El tiempo real :

$$t_{\text{REAL}} = \frac{148}{250} = 0,592 \text{ minutos} = 36 \text{ segundos/pasada.}$$

c) Giro del arbol portafresa:

$$V_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000} ; n = \frac{1000 v_c}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 37,5}{3,14 \times 30} = \mathbf{398 \text{ r.p.m.}}$$

d) Por máquina: $v_L = (V / b \times e) \text{ Pot} = (10 \text{ cm}^3 / 50,4) \times 4,5 \text{ kW} \times 1000 \text{ mm}^3 / 1 \text{ cm}^3 = 893 \text{ mm/min}$

Por fresa: $v_L = a \times z \times n = 0,195 \text{ mm/labio} \times 7 \text{ labios} \times 398 \text{ rev/min} = 543,3 \text{ mm/min}$

El menor será: $v_L = 543,3 \text{ mm/min}$

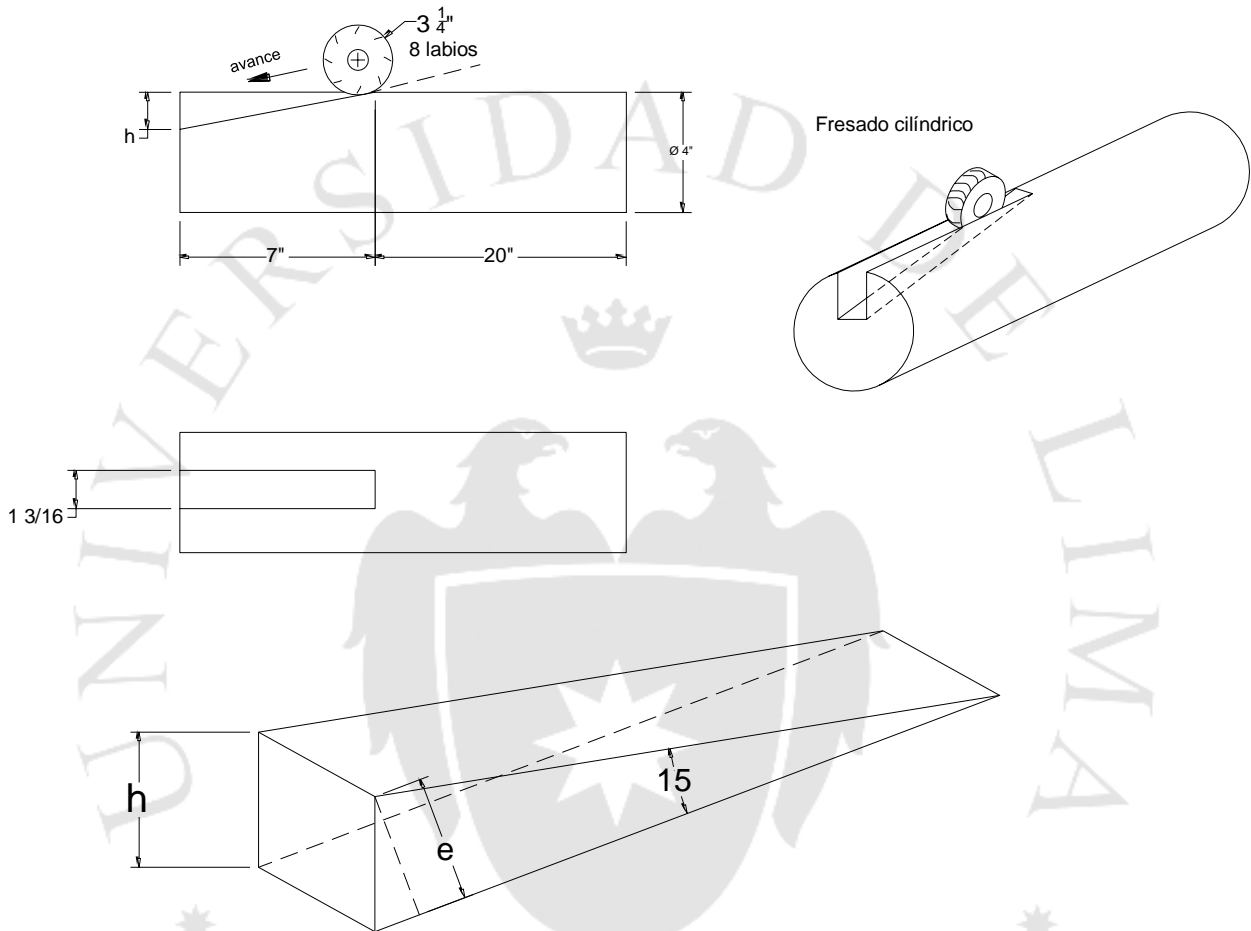
(acabado sería: $v_{LA} = 0,7 \times 543,3 = 380,3 \text{ mm/min}$)

$L_T = L + 2y + d_F = 110 \text{ mm} + 2(4 \text{ mm}) + 30 \text{ mm} = 148 \text{ mm.}$

El tiempo de pasada es: $t = L_T / v_L = \mathbf{0,272 \text{ min} = 16 \text{ seg}}$

4.- La figura muestra un eje de acero de acero al cromo (acero aleado), al cual se le debe fresar un canal chavetero tipo cuña para alojar la chaveta a instalar. La fresa a usar será de acero de alta velocidad, 8 labios, diámetro de $3\frac{1}{4}$ " y ancho de $1\frac{3}{16}$ " como el canal. El ángulo entre la velocidad lineal de avance de la fresa (86 m/min, ya calculado) y el eje a maquinar es de 15° . Se dará una sola pasada, que será de acabado.

- Recomendar la velocidad de rotación de la fresa.
- Calcular el volumen aproximado de viruta, en cm^3 .
- Hallar el caudal máximo de viruta, en cm^3 .
- Estimar el caudal promedio de viruta, en cm^3 .



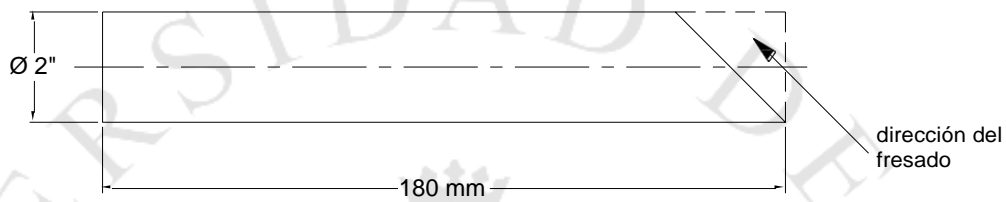
Solución:

- $n = (1000 \times 12) / (\pi \times 3,25 \times 25,4) = \mathbf{46,3 \text{ rpm}}$.
- $h = 17,78 \text{ tg } 15^\circ = 17,78(0,2679) = 4,76 \text{ cm}$; $A = 4,76 (17,78)/2 = 42,32 \text{ cm}^2$;
 $V_{\text{VIRUTA}} = 3,02(42,32) = \mathbf{127,8 \text{ cc}}$.
- $e = 17,78 \times \text{sen } 15^\circ = 17,78 (0,2588) = 4,60 \text{ cm}$; $b \times e = (3,02 \times 4,60) = 13,89 \text{ cm}^2$;
 $Q_{\text{MAX}} = (b \times e) v_{\text{La}} = 13,89 \times 8,6 \text{ cm/min} = \mathbf{119,45 \text{ cc/min}}$
- $Q_{\text{promedio}} = 0,5 Q_{\text{MAX}} = \mathbf{62 \text{ cc/min}}$

5.- Se tiene un eje de 2" de diámetro, 189 mm de longitud y material acero SAE 8630, para una máquina laminadora. Para lograr el montaje, se necesita fresar en un extremo del eje, una cuña o superficie plana a 45°. El fresado se realizará en una sola pasada de acabado. Se usará una fresa frontal de 70 mm de diámetro exterior, 30 mm de diámetro de vástago, altura de labios 100 mm, 9 labios y acero de alta velocidad. El fabricante recomienda para la fresa un avance de 0,10 mm/labio para maquinado de aceros al carbono y 0,04 mm/labio para maquinado de aceros aleados. La fresadora tiene una potencia de 4 HP.

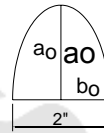
- ¿Cuál será la máxima sección transversal, en mm², que cortará la fresa en la pasada? (ver figura).
- ¿Cuál es la velocidad de avance de la mesa, en mm/min, que recomienda para realizar el fresado?
- ¿Cuál es el tiempo aproximado de la pasada de acabado?
- ¿Cuál es el volumen de viruta en cm³?

Fórmulas de áreas: Triángulo = base por altura entre dos; rectángulo = base por altura; cuadrado = lado al cuadrado; circunferencia = π por radio al cuadrado; elipse = π por radio mayor y por radio menor; parábola = $2/3$ de base por la altura.



SOLUCION:

a) Semi-elipse $A_{tr} = \pi/2 a \times b = 1433 \text{ mm}^2$
 $bo = 1" = 25,4 \text{ mm}$



Por máquina: $V = 10 \text{ cm}^3/\text{kW-min}$;

$VL = (V/b \times e) \text{ Pot} = (10000 \text{ mm}/1433 \text{ mm}^2) \times 4 \text{ HP} \times 1 \text{ kW}/1,34 \text{ HP} = 20,8 \text{ mm/min}$

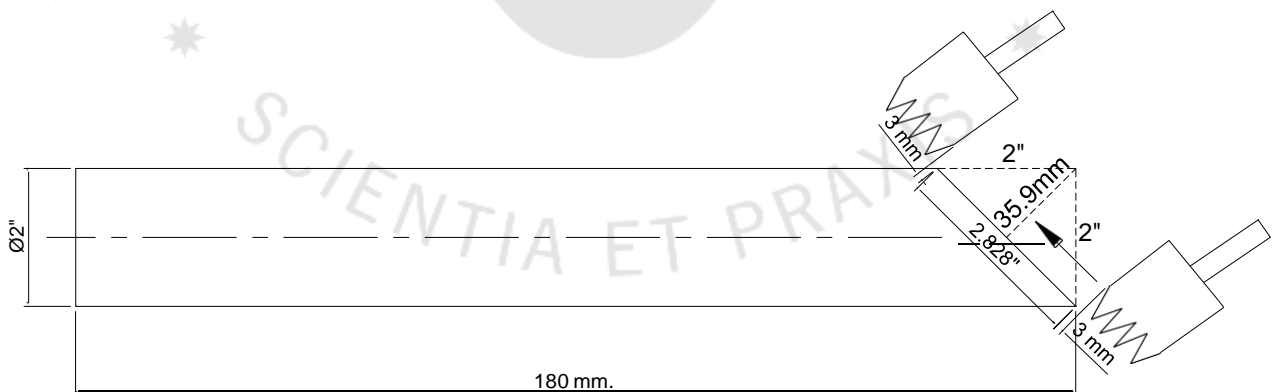
Por fresa: $v_C = 12 \text{ m/min}$; (página 59) $n_F = (1000 \times 12) / 70 \text{ mm} \times \pi = 54,57 \text{ rev/min}$

$VL = a \times n \times Z = 0,04 \text{ mm/labio} \times 54,57 \text{ rev/min} \times 9 \text{ labios/rev} = 19,6 \text{ mm/min}$;

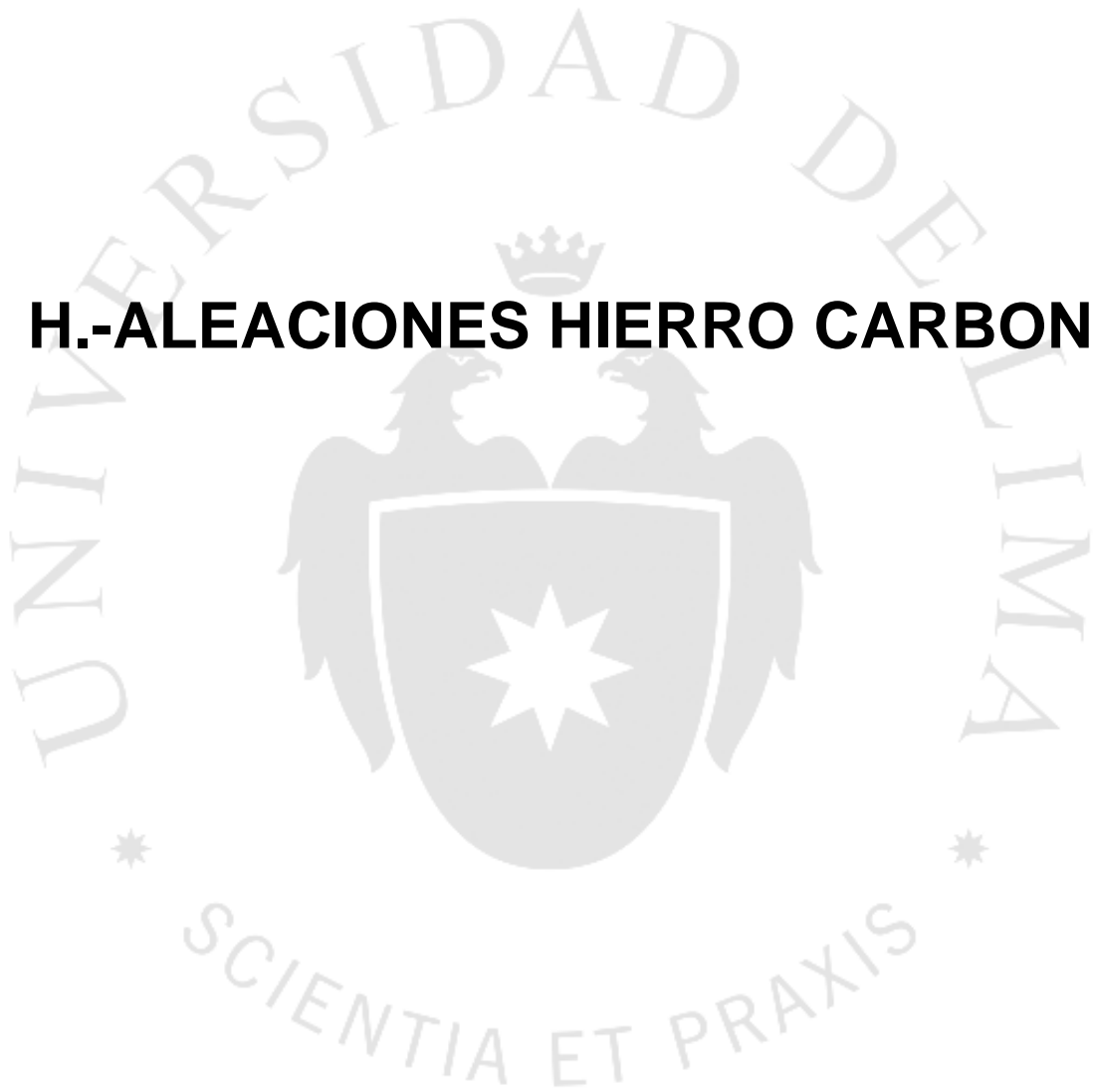
$VL_{acab} = 19,6 \times 0,7 = 13,75 \text{ mm/min}$

c) $t_a = LT / vL_{acab}$; $LT = 2 a_0 + 2y + dF = \sqrt{2} \times 25,4 + 2(3) + 70 = 147,84 \text{ mm}$;
 $t_a = 10,75 \text{ min}$.

d) $V_{viruta} = \pi/4(2" \times 25,4)^2 \times (2" \times 25,4) \times 1/2 = 51,481 \text{ mm}^3 = 51,5 \text{ cm}^3$



H.-ALEACIONES HIERRO CARBONO



Aleaciones Hierro-Carbono

Aceros: hierro + carbono hasta 1,76% (2,1%)

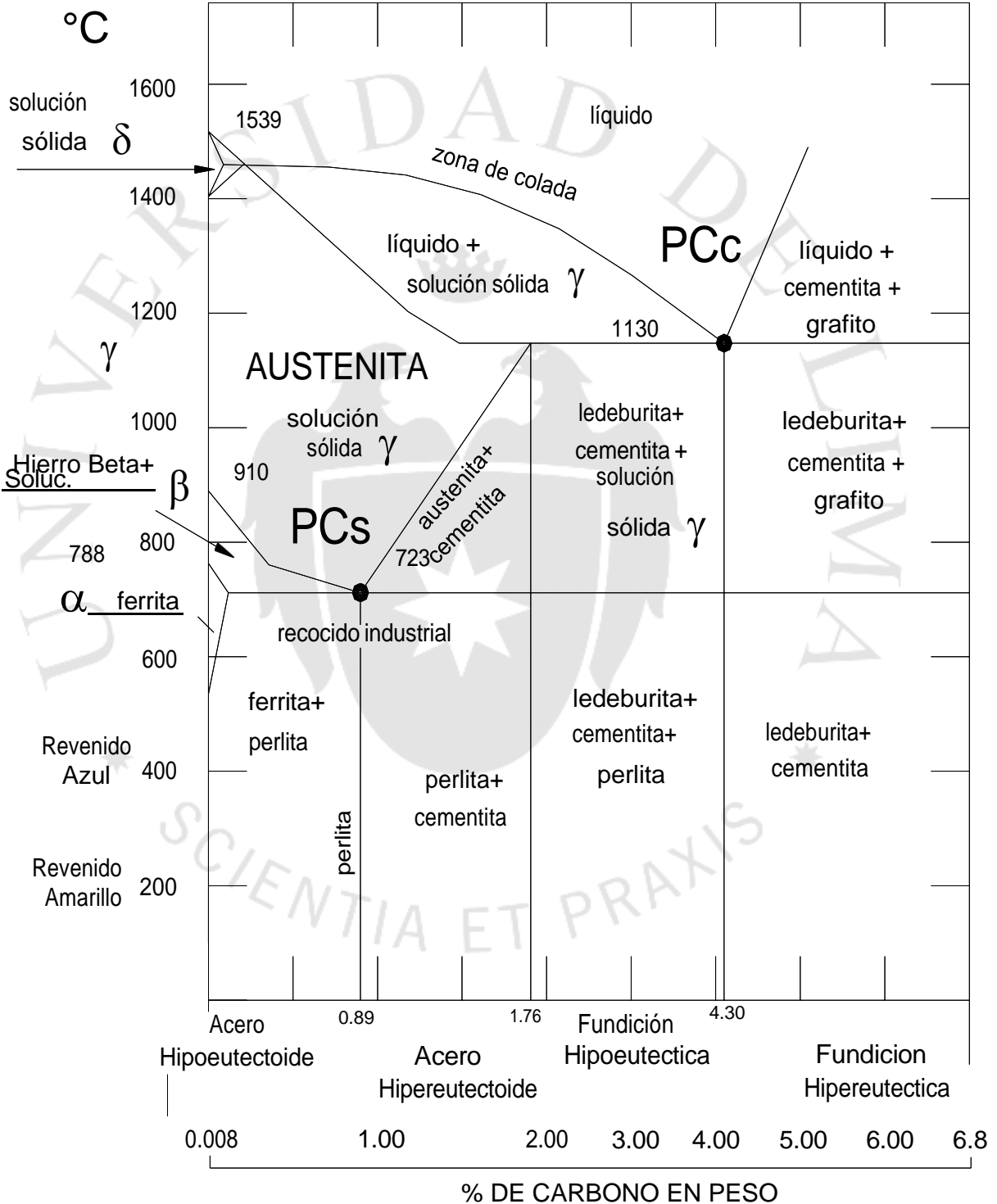
Fundiciones: hierro + carbono hasta 6,7%

Algunos de los constituyentes de los aceros son:

- Ferrita -Cementita -Perlita -Austenita -Martensita

Diagrama Hierro-Carbono

Temperatura

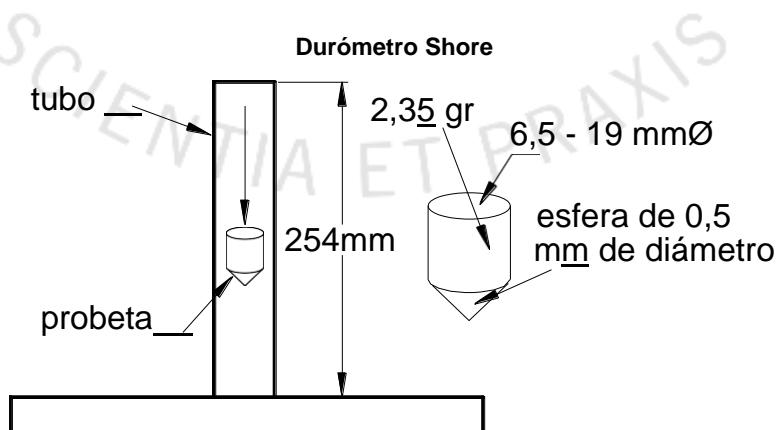
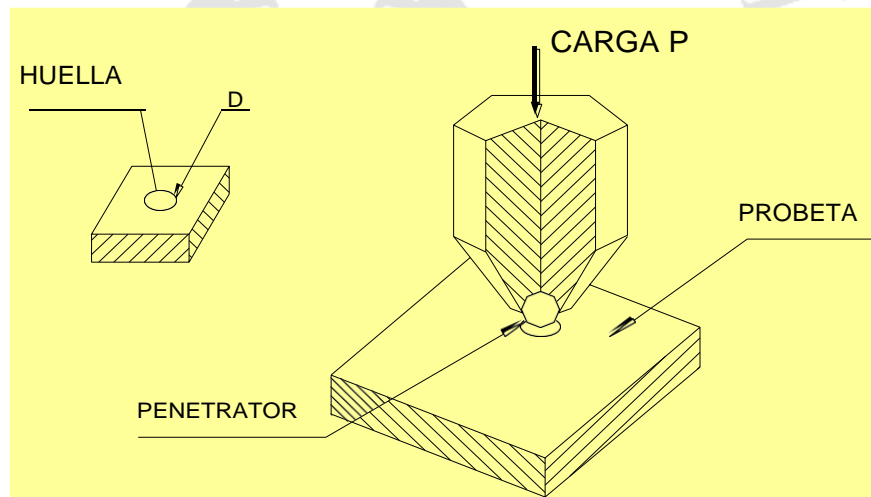


Nomenclatura SAE de los aceros:

| | | |
|-----------|---------------------------------|-------------------------|
| SAE 10XXX | acero al carbono | |
| SAE 11XXX | acero de maquinado fácil | |
| SAE 12XXX | acero al azufre y fósforo | |
| SAE 13XXX | acero al manganeso | 1,75%Mn |
| SAE 23XXX | acero al níquel | 3,50%Ni |
| SAE 31XXX | acero al níquel cromo | 1,25%Ni-0,60%Cr |
| SAE 32XXX | acero al níquel cromo | 1,75%Ni-1,00%Cr |
| SAE 33XXX | acero al níquel cromo | 3,50%Ni-1,50%Cr |
| SAE 40XXX | acero al molibdeno | 0,35%Mo |
| SAE 41XXX | acero al cromo molibdeno | 1,00%Cr-0,20%Mo |
| SAE 43XXX | acero al níquel cromo molibdeno | 1,80Cr-0,80Ni-0,25Mo |
| SAE 46XXX | acero al níquel molibdeno | 1,75%Ni-0,25%Mo |
| SAE 47XXX | acero al níquel cromo molibdeno | 1,05Cr-0,45Ni-0,25Mo |
| SAE 48XXX | acero al níquel molibdeno | 3,50%Ni-0,25%Mo |
| SAE 50XXX | acero al cromo | 0,40%Cr |
| SAE 51XXX | acero al cromo | 0,80%Cr-1,00%C |
| SAE 52XXX | acero al cromo | 1,5%Cr |
| | | |
| SAE98XXX | acero al níquel cromo molibdeno | 1,00%Ni-0,80%Cr-0,25%Mo |

Durómetros

- Rockwell
- Brinell
- Vickers
- Shore



Tratamientos Térmicos

1.-Recocido

Calentamiento previo de la pieza hasta la zona austenítica y enfriamiento en horno. La pieza fría tendrá una composición de ferrita, perlita o cementita de acuerdo al porcentaje de carbono.

2.-Normalizado

Calentamiento previo de la pieza hasta la zona austenítica y enfriamiento en aire.

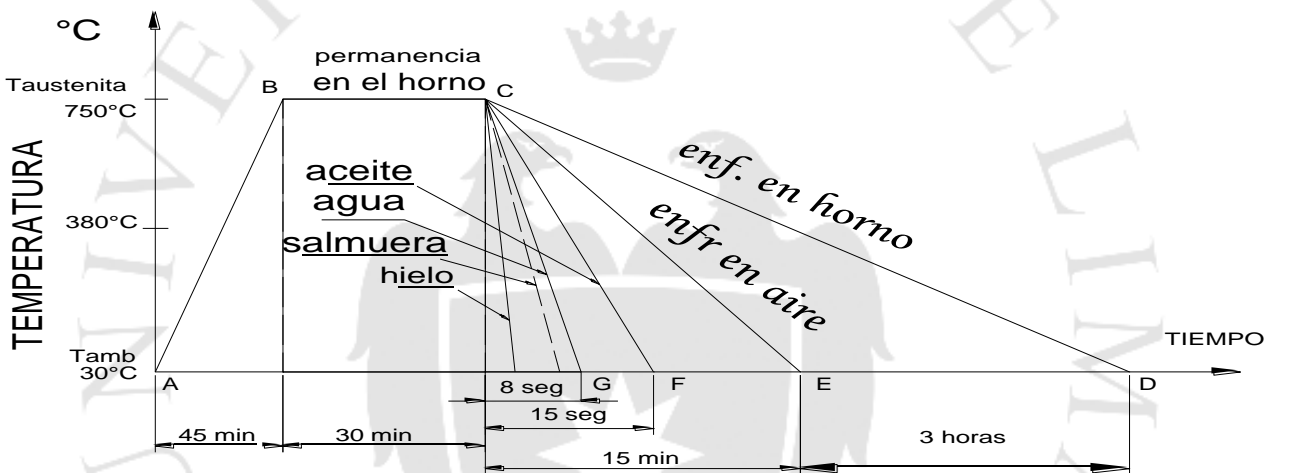
3.-Templado

Calentamiento previo de la pieza hasta la zona austenítica y enfriamiento súbito en aceite o en agua. La pieza enfriada adopta la estructura martensítica.

4.-Revenido

Tratamiento térmico necesario después del templado, para aliviar tensiones internas producto del choque térmico, y generar estabilidad a la estructura interna.

Diagrama temperatura – tiempo de los tratamientos térmicos



Posición

A : Acero en estado de colada, a temperatura ambiente

A - B : precalentamiento en el horno

B - C : Estancia en el horno

C - D : Tratamiento térmico de recocido

C - E : Tratamiento térmico de normalizado

C - F : Tratamiento térmico de temple en aceite

C - G : Tratamiento térmico de temple en agua

Tratamientos y propiedades mecánicas de aceros seleccionados

| AISI Código | Tratamiento | Resistencia a la tensión | | Elongación % |
|----------------|-------------|--------------------------|-----|-----------------|
| | | lb/pulg ² | MPa | |
| 1010 | LC | 44000 | 304 | 47 |
| 1010 | EF | 53000 | 366 | 12 |
| 1020 | LC | 55000 | 380 | 28 |
| 1020 | EF | 61000 | 421 | 15 |
| 1040 | LC | 75000 | 517 | 20 |
| 1040 | EF | 85000 | 587 | 10 |
| 1055 | TT | 130000 | 897 | 16 |
| 1315 | NN | 79000 | 545 | 34 |
| 2030 | NN | 82000 | 566 | 32 |
| 3130 | TT | 101000 | 697 | 28 |
| 4130 | TT | 129000 | 890 | 17 |
| 4140 | TT | 133000 | 918 | 16 |
| 4815 | TT | 92000 | 635 | 27 |
| 9260 | TT | 144000 | 994 | 18 |

Preguntas:

1.-Relacionar los acero de bajo carbono (A), de medio carbono (B), y de alto carbono (C) con
 a)%C (0-0,3%) (0,3-0,7%) (0,7-1,7%)
 b)color de chispa al esmeril (azul, amarilla, blanca)
 c)aplicaciones (perfiles, válvulas de motores, útiles de corte)

2.- Indicar el porcentaje de hierro y carbono de un acero eutectoide

3.-Especificar 1 acero al níquel-cromo-molibdeno eutectoide con 0,45% de níquel.

4.-Indicar el porcentaje de hierro y carbono de una fundición eutéctica.

5.-¿Qué carga de tracción máxima soporta un eje de acero templado SAE 3130 (AISI 3130) de 10 Ø y 150 mm de largo? ¿Qué longitud alcanza antes de que falle?
 $1\text{Mpa}=1\text{N/mm}^2$

RPTA: 5,6 Ton y 192 mm

6.-¿Cuál es la dureza Rockwell escala "C" de un acero aleado SAE 4340 en estado recocido (dureza en Brinell es 248HB)?
 ¿Cuál es su composición?

RPTA: 22,5 HRc

7.-¿Qué es cementar una barra de acero, y qué es nitrurar una barra de acero?

RPTA: Cementado es lograr una capa superficial de carbono, resistente a la fricción o abrasión. Nitrurado es lograr una capa superficial de nitrógeno, para aumentar la dureza.

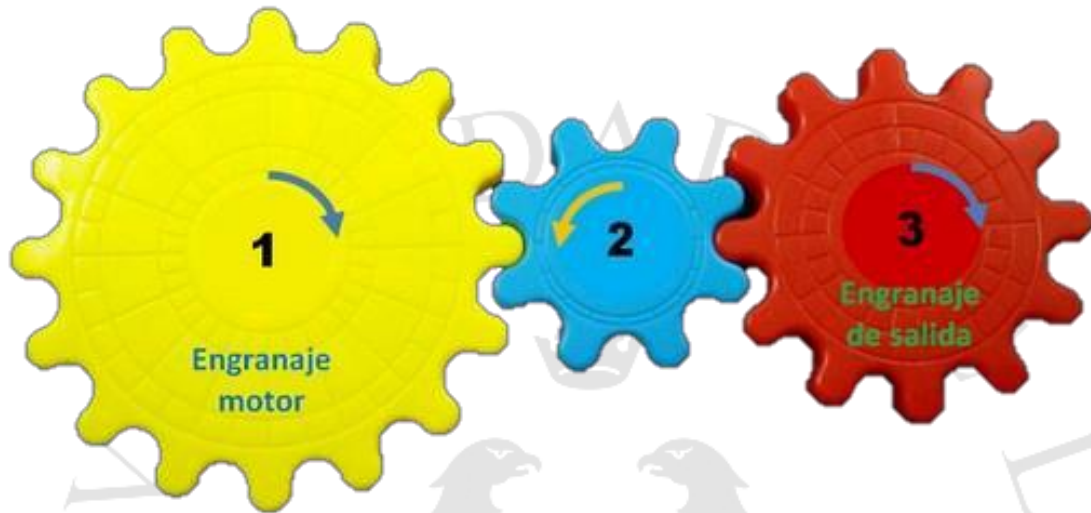
TABLA DE ESCALAS DE DUREZA

(HR: dureza Rockwell)

| HR C 150 KG | HR A 60 kg | Vickers HV | Brinell HB | Shore HS |
|-----------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 37 | 68,6 | 360 | 345 | 50 |
| 36 | 68,1 | 350 | 339 | 49 |
| 35 | 67,6 | 345 | 331 | 48,5 |
| 34 | 67,0 | 330 | 323 | 48 |
| 33 | 66,5 | 320 | 316 | 47 |
| 32 | 66,0 | 315 | 310 | 46 |
| 31 | 65,6 | 310 | 305 | 45,5 |
| 30 | 65,0 | 305 | 299 | 44 |
| 29 | | 295 | 290 | 43 |
| 28 | | 285 | 282 | 42 |
| 27 | | 280 | 276 | 41 |
| 26 | | 270 | 268 | 40 |
| 25 | | 265 | 262 | 39 |
| 24 | HR B | 260 | 257 | 38 |
| 23 | 100 kg | 255 | 252 | 37 |
| 22 | | 245 | 245 | 36 |
| 21 | 100,0 | 240 | 240 | 35,5 |
| 20 | 99,0 | 235 | 234 | 35 |
| 19 | 98,0 | 230 | 229 | 34,5 |
| 18 | 97,0 | 225 | 223 | 34 |
| 17 | 96,0 | 220 | 218 | 33,5 |
| 16 | 95,0 | 215 | 213 | 33 |
| 15 | 94,0 | 210 | 209 | 32 |
| 14 | 93,5 | 205 | 204 | 31 |
| 13 | 93,0 | 200 | 199 | 30,5 |
| 12 | 92,0 | 195 | 195 | 30 |
| 11 | 91,0 | 190 | 190 | 29,5 |
| 10 | 90,0 | 185 | 186 | 29 |
| 9 | 89,5 | 182,5 | 182,5 | 28,5 |
| 8 | 89,0 | 180 | 180 | 28 |
| 7 | 88,0 | 176 | 176 | 27 |
| | 87,0 | | 172 | |
| | 86,0 | | 169 | |
| | 85,0 | | 165 | |
| | 84,0 | | 162 | |
| | 83,0 | | 159 | |
| | 82,0 | | 156 | |
| | 81,0 | | 153 | |
| | 80,0 | | 150 | |
| | 79,0 | | 147 | |
| | 78,0 | | 144 | |
| | 77,0 | | 141 | |
| | 76,0 | | 139 | |
| | 75,0 | | 137 | |
| | 74,0 | | 135 | |
| | 73,0 | | 132 | |
| | 72,0 | | 130 | |
| | 71,0 | | 127 | |



I.-TRANSMISIONES



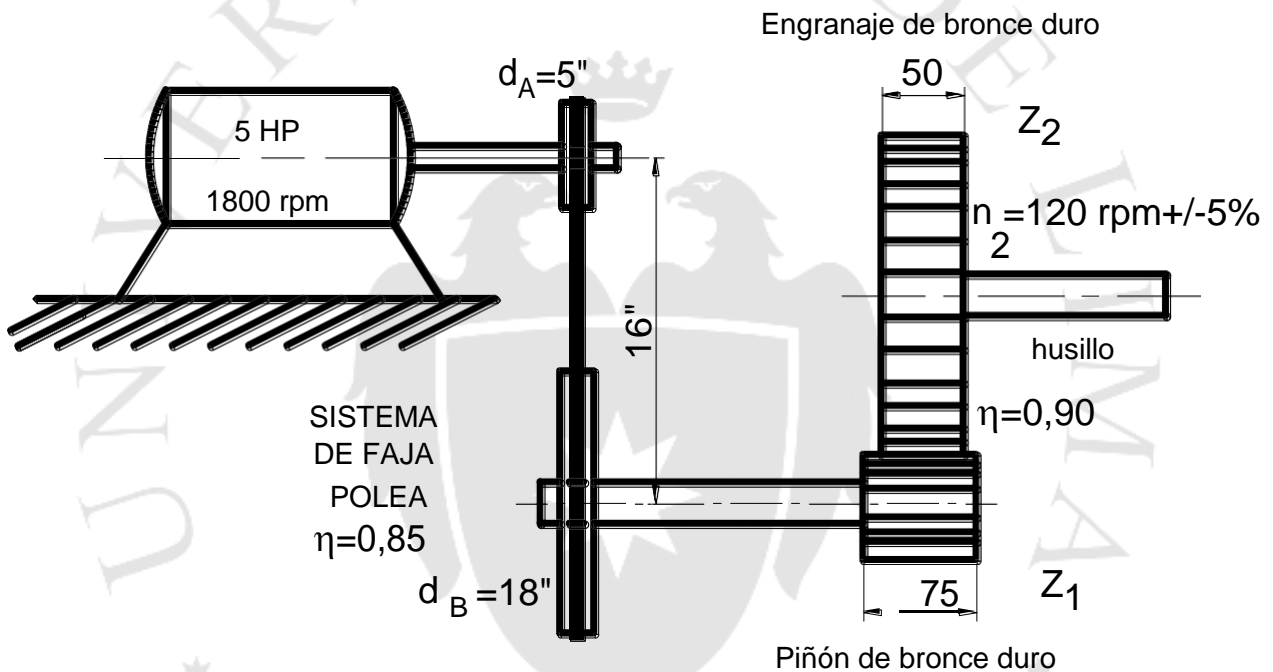
EJERCICIOS DE TRANSMISIONES

Poleas, cadenas, engranajes

Relación de transmisión: $r_{12}=n_1/n_2=z_2/z_1$

1.-Dado el sistema de transmisión del torno, la transmisión por faja plana tiene una eficiencia de 0,85, y la transmisión por engranajes 0,9. (A falta de datos se puede asumir 21 dientes para el piñón)

- a) ¿Qué número de dientes se recomienda para el engranaje? (que sea simplificable entre 40)
 b) ¿Cuál es la longitud aproximada de la faja plana, en pulgadas? **Tarea**
 c) ¿Cuál es el torque en el husillo? **Tarea**



Solución

$$a) \quad r_{AB} = n_A/n_B = d_B/d_A \quad 1800\text{rpm}/n_B = 18/5 = 3,6 \quad n_B = 500\text{rpm}$$

$$r_{12} = n_1/n_2 = z_2/z_1 \quad 500\text{rpm}/120\text{rpm} = z_2/21 = 4,166666$$

$$z_2 = 87 \text{ u } 88 \text{ dientes}$$

si debe ser divisible entre 40, se obtiene

$z_2 = 88$ dientes

- b) Tarea
 c) Tarea

2.-La figura muestra la transmisión por fajas planas del cabezal de un torno paralelo pequeño con accionamiento por motor eléctrico. Hay un cono de poleas de tres escalones en el contraeje, que se conectan con el cono de poleas correspondiente en el husillo (chuck del torno).

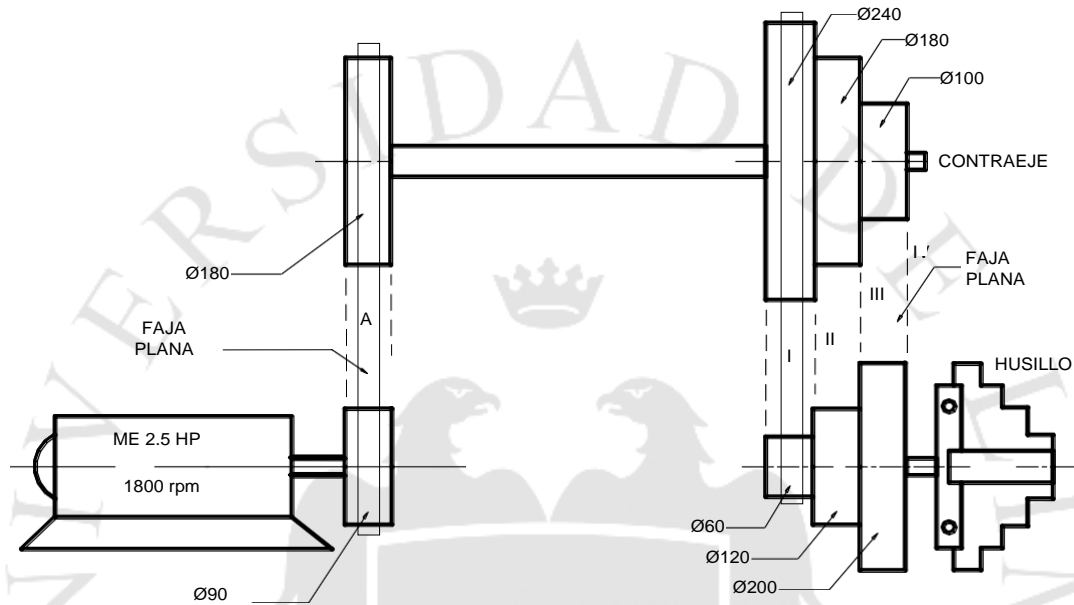
Nota: una faja plana va en A. Otra faja plana va en I, o en II, o en III.

Determinar

a) las tres posibles rpm del husillo.

b) el torque en el husillo, para la combinación A-III; si la eficiencia mecánica en cada tren de poleas es 0,96.

c) la longitud de la faja plana A, si la distancia entre centros eje motor-contraeje es 300mm.



Rpta: a) 3600; 1350; 450

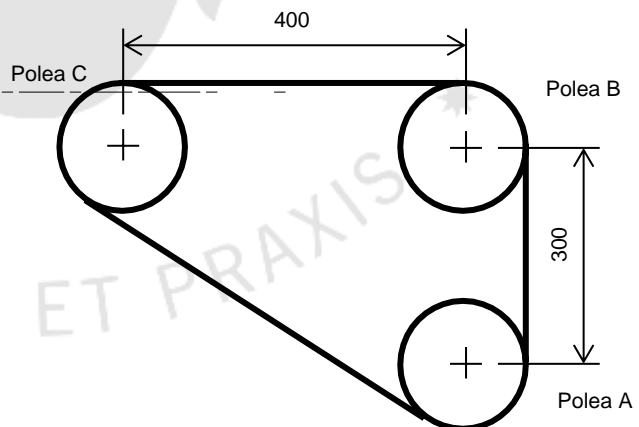
b) Tarea

c) Tarea

3.-Dado el sistema de tres poleas de diámetro 125 mm cada una, la faja tiene una velocidad de 45 pies/min.

a) Hallar la longitud de la faja en pulgadas.

b) Hallar las rpm de la polea A.



Solución:

$$\begin{aligned} a) L_F &= 400 + 300 + 500 + l_A + l_B + l_C \\ &= 1200 + (127/360) \pi 125 + \pi/4 125 \\ &\quad + (143/360) \pi 125 \end{aligned}$$

$$L_F = 1200 + 138,54 + 98,17 + 155,99 = 1592,7 \text{ mm} = \mathbf{62,7 \text{ pulg}}$$

$$b) n_A = v/r_A = 45 \text{ pie/min} / 62,5 \text{ min} \times 0,3048 \text{ m/pie} \times 1000 \text{ mm/m} \times 1 \text{ rev}/2\pi \approx \mathbf{34,9 \text{ r.p.m.}}$$

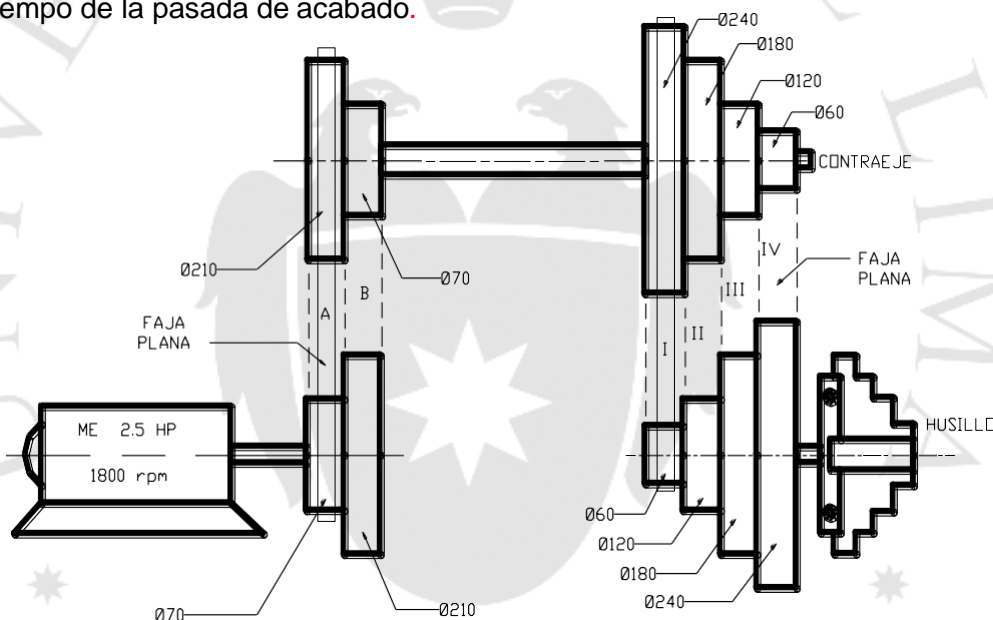
4.-La figura muestra la transmisión por fajas planas del cabezal de un torno paralelo pequeño. El motor eléctrico tiene a la salida dos posiciones de velocidad A y B. Luego hay un cono de poleas de cuatro escalones en el contraeje, que se conectan con el cono de poleas correspondiente en el husillo (chuck del torno).

Nota: una faja plana va en A, o en B. Otra faja plana va en I, o en II, o en III, o en IV.

| Avance automático del torno en mm/rev | | | | | |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|
| 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 |
| 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,60 |

Velocidad de corte para pieza de bronce y útil de carburo metálico: desbaste 300m/min y acabado 380m/min.
 Avance para pieza de bronce y útil de carburo metálico: desbaste 0,5mm/rev y acabado 0,05mm/rev
 Considerar: 45° de ángulo de posición del útil de pastilla carburada. Retiro del útil 3mm.

- Determinar las ocho posibles rpm del husillo
- Hallar las rpm a usar para refrentar en dos pasadas de desbaste (4mm c/u) y en una de acabado (0,5mm), un plato de bronce de 250 mm de diámetro y 60 mm de ancho, usando cuchilla carburada.
- Hallar la velocidad real de corte máxima, tanto en el desbaste como en el acabado.
- Hallar el tiempo de cada pasada de desbaste.
- Hallar el tiempo de la pasada de acabado.

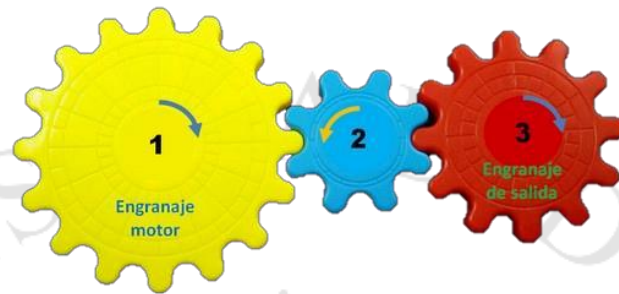


Rpta:

- | | |
|---|----------------------------------|
| A | 2400rpm/ 900rpm/ 400/ 150rpm |
| B | 21600rpm/ 8100rpm/ 3600/ 1350rpm |
- Desbaste 150rpm, acabado 400rpm
- Desbaste 117,8m/minacabado 314,0m/min
- $v_L = a \cdot n = 0,5 \times 150 \text{rpm} = 75 \text{mm/min}$; $LT = L + y + p = 125 + 3 + 4 = 132 \text{mm}$ $t = 1,76 \text{min}$
- $v_{LA} = a \cdot n = 0,05 \times 400 \text{rpm} = 20 \text{mm/min}$; $LT = L + y + p = 125 + 3 + 0,5 = 128,5 \text{mm}$ $t = 6,43 \text{min}$

5.-La relación de transmisión entre la rueda 1 y 3 es amplificación, de valor 0,35. El motor del eje 1 gira a 180rpm y la rueda 2 gira a 400rpm aproximadamente. Si las ruedas 1 tiene 96 dientes:

- ¿Cuántos dientes tiene la rueda 2?
- ¿A que rpm gira la rueda 3?
- ¿Cuántos dientes tiene la rueda 3?(escoger número par)
- Hallar las rpm reales de las ruedas 2 y 3, de acuerdo a los datos obtenidos anteriormente



Solución:

- $r_{12} = n_1/n_2 = z_2/z_1$; $180/400 = z_2/96 = 0,45$; **$z_2 = 43$ dientes**
- $r_{13} = n_1/n_3 = z_3/z_1$; $0,35 = 180/n_3$; **$n_3 = 514,28$ rpm aprox**
- $r_{13} = z_3/z_1 =$; $z_3/96 = 0,35$; $z_3 = 33,6$; puede ser 33 o 34 dientes
se selecciona **$z_3 = 34$ dientes**
- $n_1/n_2 = z_2/z_1$; $180/n_2 = 43/96 = 0,4479$; **$n_2 = 401,9$ rpm exacto**
 $n_1/n_3 = z_3/z_1$; $180/n_3 = 34/96 = 0,3541$; **$n_3 = 508,3$ rpm exacto**



J.-TALLADO DE ENGRANAJES

Tabla de módulo de fresas

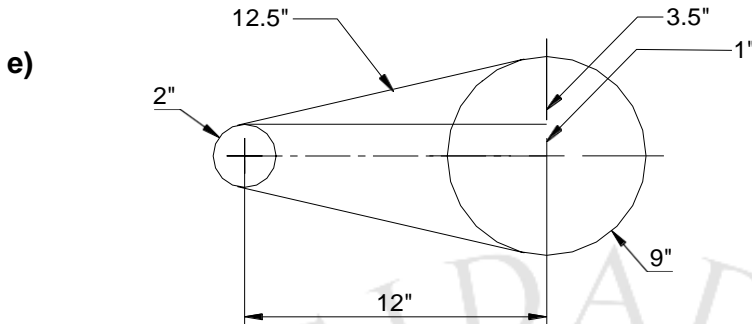
| SERIE DE MÓDULOS NORMALIZADOS | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|
| Módulo | Paso cir. | Módulo | Paso cir. | Módulo | Paso cir. | Módulo | Paso cir. |
| 0,30 | 0,942 | 2,50 | 7,854 | 8 | 25,133 | 27 | 84,823 |
| 0,40 | 1,257 | 2,75 | 8,639 | 9 | 28,274 | 30 | 94,248 |
| 0,50 | 1,571 | 3,00 | 9,425 | 10 | 31,416 | 33 | 103,673 |
| 0,60 | 1,885 | 3,25 | 10,210 | 11 | 34,558 | 36 | 113,097 |
| 0,70 | 2,199 | 3,50 | 10,996 | 12 | 37,699 | 39 | 122,522 |
| 0,80 | 2,513 | 3,75 | 11,781 | 13 | 40,841 | 42 | 131,947+ |
| 0,90 | 2,827 | 4,00 | 12,566 | 14 | 43,982 | 45 | 141,372 |
| 1,00 | 3,142 | 4,50 | 14,137 | 15 | 47,124 | 50 | 157,080 |
| 1,25 | 3,927 | 5,00 | 15,708 | 16 | 50,265 | 55 | 172,788 |
| 1,50 | 4,712 | 5,50 | 17,279 | 18 | 56,549 | 60 | 188,496 |
| 1,75 | 5,498 | 6,00 | 18,850 | 20 | 62,832 | 65 | 204,204 |
| 2,00 | 6,283 | 6,50 | 20,420 | 22 | 69,115 | 70 | 219,912 |
| 2,25 | 7,069 | 7,00 | 21,991 | 24 | 75,398 | 75 | 235,619 |



Fresa
módulo 3,25

d) Potencia = Torque x r.p.m. ;

$$\frac{5 \text{ HP (0,95) (0,95)}}{120,63 \text{ rev/min}} \times \frac{0,75 \text{ kW}}{1 \text{ HP}} \times \frac{10^3 \text{ N.m/seg}}{1 \text{ kW}} \times \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} \times \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} = 266,5 \text{ N-m}$$



Por lo tanto: $3,14 + 14,13 + 12,5 + 12,5 = 42,3$ " de longitud = 1074,42 mm.

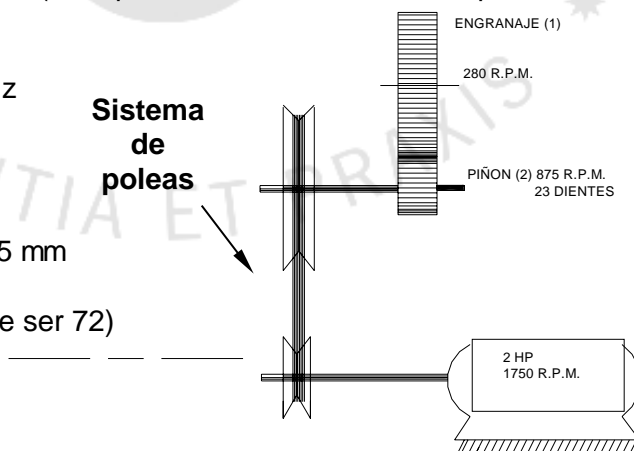
2.- Se desea fabricar en material bronce con la fresadora, un piñón (p) y un engranaje (e) de dientes rectos, para la caja NORTON de un torno. Entre el eje del motor eléctrico de 2 HP de 1750 r.p.m. y el eje del piñón, hay una reducción de velocidad de 2, a través de un sistema faja – polea hacia el piñón. El engranaje debe girar a 280 r.p.m. (puede haber una variación de $\pm 10\%$). Se cuenta con una fresa de módulo 2,5 para tallar los dientes. El piñón deberá tener 23 dientes y un ancho de dos pulgadas. Nota: módulo = diámetro de paso entre número de dientes. Addendum numéricamente igual al módulo. Calcular:

- El diámetro del cubo para tallar el piñón.
- El número de dientes que tendrá el engranaje.
- La distancia entre centros piñón – engranaje.
- El diámetro del cubo para tallar el engranaje.
- La relación de transmisión efectiva piñón – engranaje.
- La longitud de la faja en V, si la distancia entre centros es 300mm y la polea menor tiene un diámetro de 120mm.
- Torque en el engranaje 1, si la eficiencia mecánica de poleas es 0,89 y de engranajes 0,95.

SOLUCION:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \quad \frac{280}{875} = \frac{z_2}{23} \quad (875 \text{ rpm. de la relación } 2:1 \text{ con r.p.m. del motor})$$

- $d_p = \text{diámetro de paso} = m \cdot z$
 $d_e = \text{diámetro exterior}$
 $h = \text{altura del diente}$
 $d_{p \text{ piñón}} = 2,5 \times 23 = 57,5 \text{ mm}$
 $d_{e \text{ piñón}} = 57,5 + 2(2,5) = 62,5 \text{ mm}$
- $z_1 = 71,8 \approx 71$ dientes (puede ser 72)



- $d_e = m(z + 2)$ en mm. $d_e = d_p + 2m$

La distancia entre centros es:

$$L_C = \frac{d_p \text{ piñón} + d_p \text{ engranaje}}{2} ; d_p \text{ engranaje} = 2.5 \times 71 = 177.5 \text{ mm}$$

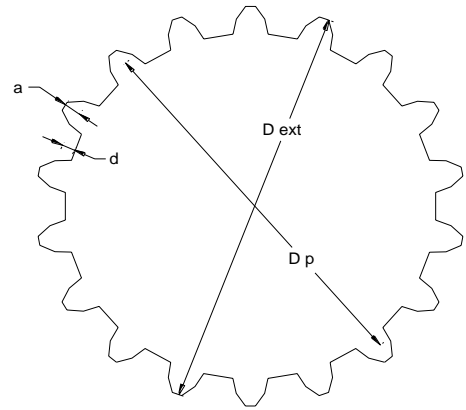
$$L_C = \frac{57.5 + 177.5}{2} = 117.5 \text{ mm}$$

d) $d_e \text{ engranaje} = 177.5 + 2(2.5) = 182.5 \text{ mm}$

e) La relación efectiva será: $r_{12 \text{ efectiva}} = 71/23 = 3,06$

f) Tarea

g) Tarea



3.- Una caja de reducción tiene tres trenes de engranajes rectos, para la caja de un tractor de orugas, Caterpillar, de 250 HP del motor. Los datos son los siguientes:

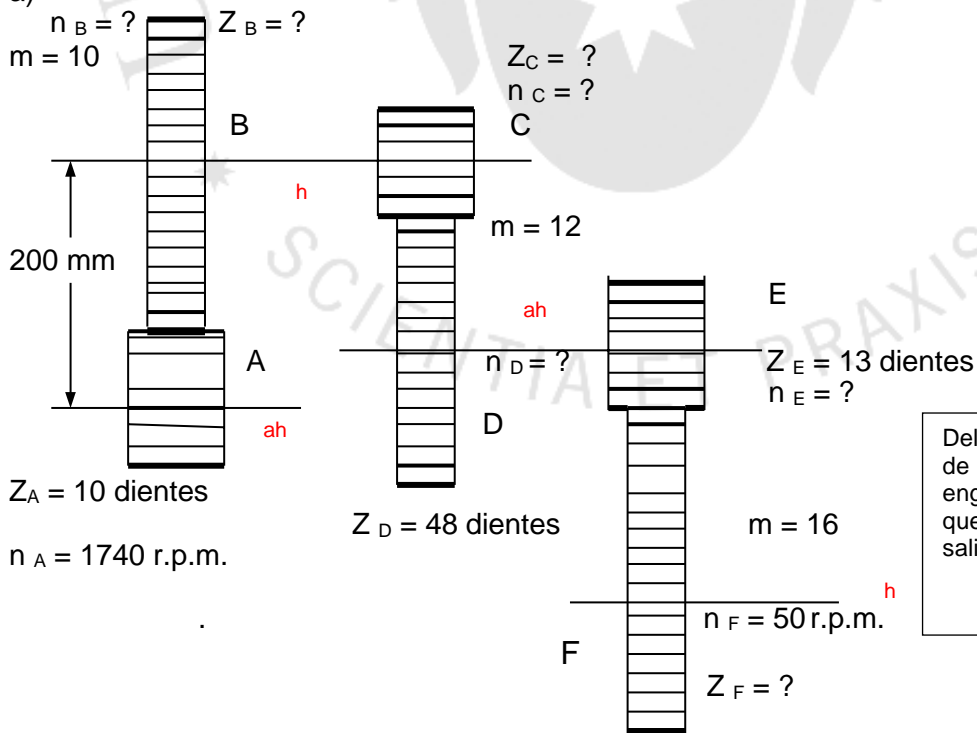
- Primer tren, entrada de rotación antihoraria de 1740 rpm, módulo 10, distancia entre centros del primer tren 200 mm. y el piñón con 10 dientes. Eficiencia 0,95.
 - Segundo tren, relación de reducción de 4/1, módulo 12, número de dientes del engranaje 48 dientes. Eficiencia 0,98.
 - Tercer tren, módulo 16, velocidad de salida 50 rpm, piñón con 13 dientes. Eficiencia 0,92.
- a) Hacer el esquema de los trenes de engranajes y el sentido de rotación a la salida.
 b) El número de dientes de los elementos de la reducción que no se han definido aún.
 c) Las distancias entre centros del segundo y tercer tren.
 d) Para el piñón de 13 dientes y el engranaje de 48 dientes ¿Cuántas vueltas le da a la manivela del plato divisor?
 e) Hallar la potencia y torque a la salida.

Número corriente de agujeros del plato divisor.

| | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 15 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 23 | 24 | 27 |
| 29 | 31 | 33 | 37 | 39 | 41 | 43 | 47 | 49 |

SOLUCION:

a)



Del análisis rotacional de los trenes de engranajes se deduce que el sentido de salida es horario (h).

b)

$$L_{A,B} = \frac{(Z_A + Z_B) \cdot m}{2} \quad ; \quad 200 = \frac{(10 + Z_B) \cdot 10}{2} ; Z_B = 30 \text{ dientes}$$

$$n_C = n_B ; r_{AB} = n_A / n_B = Z_B / Z_A ; 1740 / n_B = 30 / 10 ; n_B = 580 \text{ rpm} = n_C$$

$$n_D / n_C = 1 / 4 ; n_D / 580 = 1 / 4 ; n_D = 580 / 4 = 145 \text{ r.p.m.}$$

$$\text{Luego: } n_C / n_D = Z_D / Z_C ; 580 / 145 = 48 / Z_C ; Z_C = 12 \text{ dientes}$$

$$n_D = n_E = 145 \text{ r.p.m.} \quad ; \quad n_F = 50 \text{ r.p.m.} \quad ; \quad Z_E = 13 \text{ dientes} \quad ;$$

$$n_E / n_F = Z_F / Z_E ; 145 / 50 = Z_F / 13 ; Z_F = 37 \text{ o } 38 ; \text{ se escoge } Z_F = 38 \text{ dientes}$$

$$c) L_{C-D} = m/2 (Z_D + Z_C) = 12/2 (48 + 12) = 360 \text{ mm.} \quad (m = 12)$$

$$L_{E-F} = m/2 (Z_E + Z_F) = 16/2 (13 + 38) = 408 \text{ mm.} \quad (m = 16)$$

d) $n_v = 40/z$;

$$n_{v1} = 40/13 = 3 \frac{1}{13} = 3 \frac{2}{26} = \mathbf{33/39}$$

Tres vueltas de manivela y 3 agujeros del círculo de 39 agujeros

$$n_{v2} = 40/48 = 10/12 = 5/6 = (5 \times 3)/(6 \times 3) = \mathbf{15/18} = (5 \times 4)/(6 \times 4) = \mathbf{20/24}$$

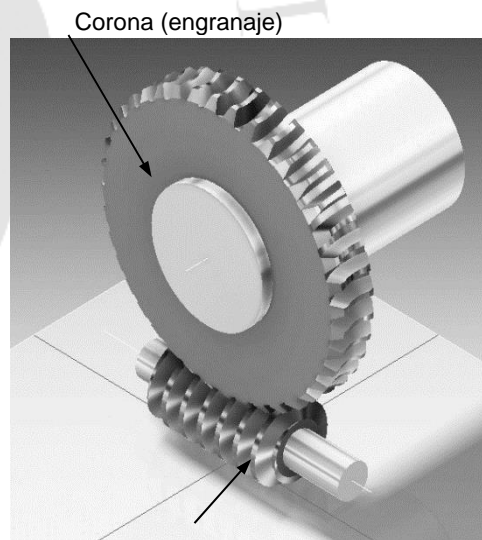
Cero vueltas de manivela y 15 agujeros del círculo de 18 agujeros; o

Cero vueltas de manivela y 20 agujeros del círculo de 24 agujeros.

e) Tarea

4.- Se requiere construir un sistema de transmisión por gusano-engranaje, ver figura a continuación, la relación de transmisión debe ser 40:1. El paso del gusano (tornillo) es de $2\pi = 6,283185 \text{ mm}$. El motor que está conectado al gusano gira a 3450rpm y entrega una potencia de 4HP.

- Hallar el módulo del engranaje.
- Hallar el diámetro exterior del engranaje (diámetro del plato).
- Calcular el torque en el engranaje si la eficiencia de la transmisión es del 94%.
- ¿Qué pasa si ahora se conecta el motor en el engranaje y se quiere impulsar una bomba conectada al gusano?
- ¿Cuál es la distancia mínima entre los centros de los ejes si el diámetro de paso del tornillo sin fin es de 1,2cm?



Gusano (tornillo sin fin o worm)

Solución

$$a) \pi x d = Z x p ; m = d/Z = p/\pi = 2\pi/\pi = \mathbf{2}$$

$$b) D_{ext} = d_{plato} = d_p + 2m ; d_p = m x Z = 2 x 40 \text{ dientes} = 80 \text{ mm} ; d_{plato} = 80 \text{ mm} + 2 \times 2 = 84 \text{ mm}$$

$$c) T = Pot/w = Pot_{motor} x \eta / w = 4 \text{ HP} x 746 \text{ (W/HP)} x 0,94 x 60 \text{ (s/min)} / (2\pi x 3450/40) = \mathbf{310,59 \text{ Nm}}$$

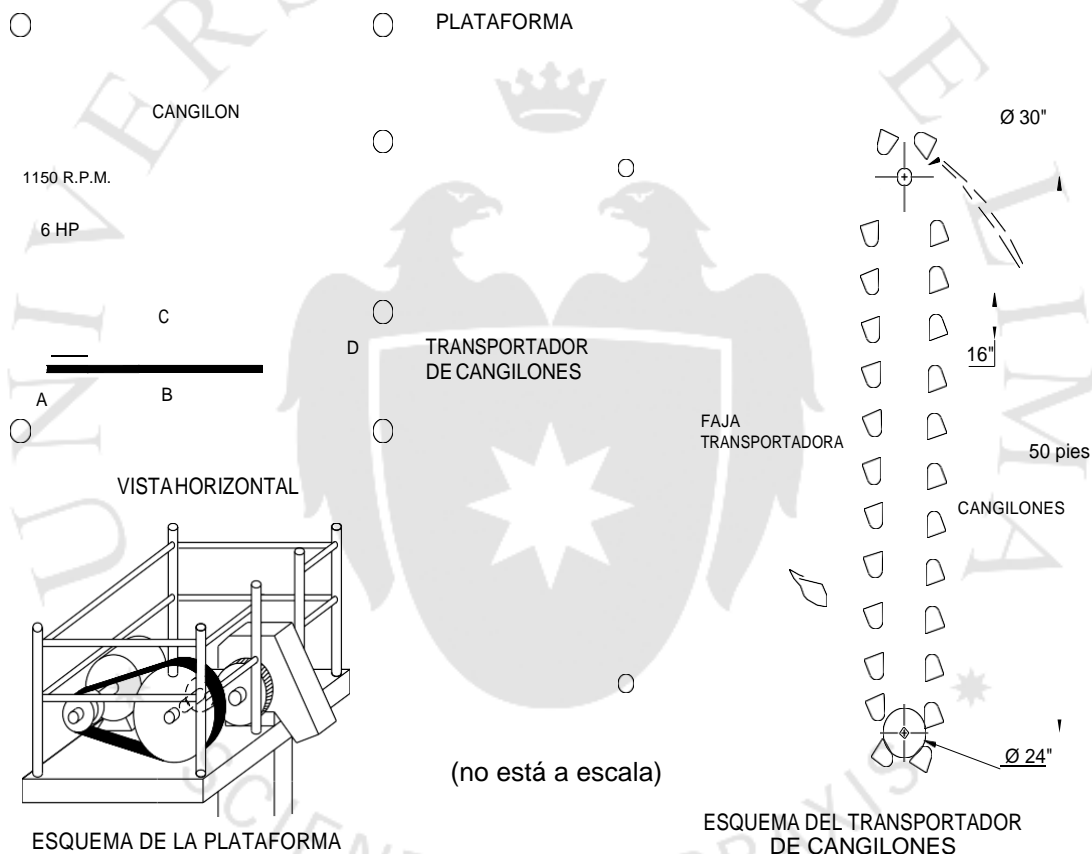
d) **Se traba y no avanza.**

$$e) L_c = 0,5x(d_p + dt) ; d_p = m x Z = 2 x 40 = 80 \text{ mm} ; L_c = 0,5x(80 \text{ mm} + 12 \text{ mm}) = \mathbf{46 \text{ mm}}$$

5.- Se muestra en la figura un transportador de cangilones para el transporte continuo de granos. El transportador es accionado por un motor Delcrosa de 6 HP y 1150 rev/min. y un sistema de poleas y engranajes todos ubicados sobre la plataforma. La polea A tiene un diámetro de 91 mm y la polea B de 700 mm. La longitud de la faja de accionamiento es 2759,2 mm. La altura de los dientes del piñón C es 10,125 mm. La relación entre el diámetro exterior del engranaje D y el diámetro exterior del piñón C es 4,0435. El piñón C tiene 21 dientes. La distancia entre centros entre las poleas de 30 y 24 pulgadas de la faja transportadora es 50 pies. El espacio libre entre cangilones es 8 pulgadas y la altura de cada cangilón es 8 pulgadas.

Determinar:

- La longitud entre centros de las poleas A y B
- El número de dientes del engranaje D
- La velocidad de desplazamiento de la faja transportadora
- La longitud de la faja transportadora
- El número de cangilones en la faja transportadora.

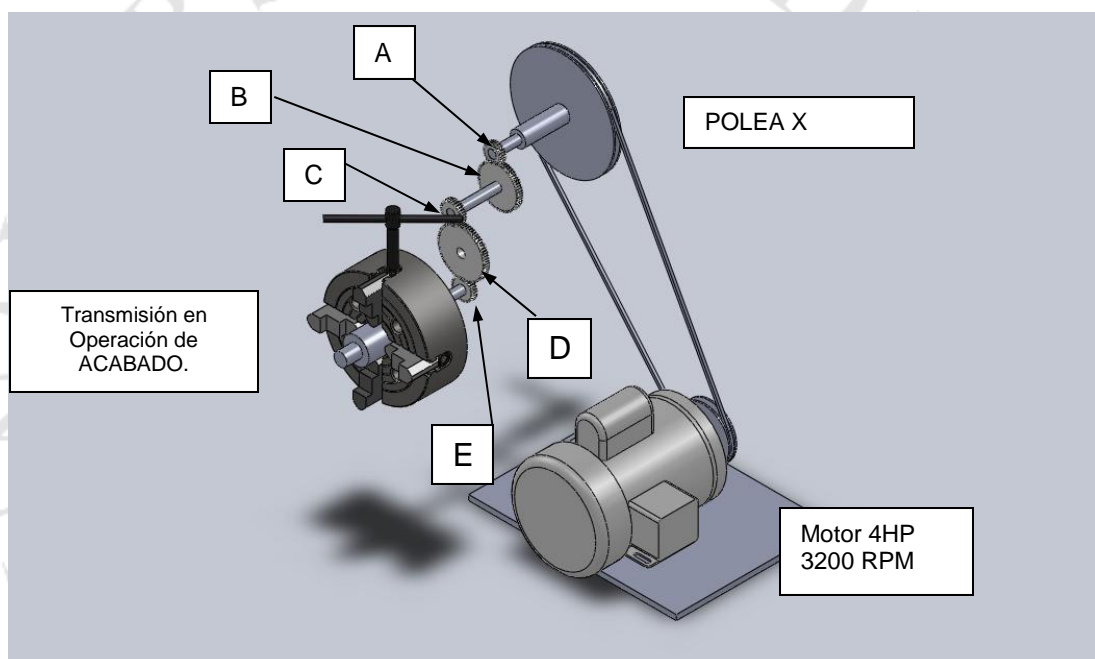


SOLUCION:

- $L_f = 2759,2 \text{ mm}$; $L_f = 2 L_x + \pi d_A / 2 + \pi d_B / 2 = 2759,2$; $d_A = 91 \text{ mm}$ y $d_B = 700 \text{ mm}$
Luego: $L_x = 758,66 \text{ mm}$; $L_x^2 = L_c^2 + (700/2 - 91/2)^2 = (758,66)^2$; **$L_c = 695 \text{ mm}$**
- $h = 2,25 \text{ m} = 10,125 \text{ mm}$; $m = 4,5$; $d_{EXTD} / d_{EXTC} = 4,0435$; $Z_C = 21$
luego : $d_{EXTC} = 103,5 \text{ mm}$
 $d_{EXTD} = 103,5 \times 4,0435 = 418,5 \text{ mm}$, luego $Z_D = (418,5/2) - 2 = 91$ **$Z_D = 91$**
- $v_t = \pi \times d \times n / 12$; $n_C / n_D = Z_D / Z_C$; $n_C = 149,5 \text{ rev/min}$, $Z_D = 91$, $Z_C = 21$,
Luego $n_D = 34,5 \text{ rev/min}$; $v_t = (\pi \times 30 \times 34,5) / 12 = \mathbf{270,8 \text{ pies /min}}$
- $L_f = 2 (600'') + \pi \times 30'' / 2 + \pi \times 24'' / 2 = \mathbf{1284,78 \text{ pulg (aproximado)}}$
- $1284,78'' / 16'' \approx \mathbf{80 \text{ cangilones.}}$

6.- En la figura se muestran 5 unidades dentadas de la transmisión de un torno paralelo, cuyo motor tiene una potencia de 4 HP y gira a 3200 r.p.m. La eficiencia en las poleas es de 85%, en el caso de las piñones A y B la eficiencia es de 72% y entre B y C es 95 % y entre C y D es de 70% y entre D y E es de 75%. Se desea realizar un cilindrado y se cuenta con una pieza $\varnothing 38$ mm de diámetro inicial. Al final la pieza debe tener un diámetro de $\varnothing 29$ mm, para ello se realiza 2 pasadas de acabado con una profundidad de corte de 0,25 mm y 4 pasadas de desbaste de 1 mm de profundidad con un útil de corte HSS. Esta pieza de bronce se encuentra montada en el chuck. En el momento de operación de acabado, el sistema de transmisión es el siguiente: El piñón A tiene 32 dientes y el módulo de B es 4. La distancia entre centros A y B es de 200 mm. El módulo del engranaje E es 6. La distancia entre centros C y D es de 222 mm. La relación entre el diámetro exterior del engranaje D y el diámetro exterior del engranaje E es de 1,5161. El diámetro de paso de E es de 186 mm. La polea X tiene un diámetro de $\varnothing 321$ mm.

- Determinar el diámetro al final de desbaste.
- Determinar las revoluciones del engranaje A en la operación de acabado.
- Determinar el diámetro de la polea Y en el motor del torno.
- Determinar la potencia en el chuck.



Solución

a) $d_{fd} = 29 + 2 \times 2(0,25) = 30$ mm

b) $n = (1000 \times 40) / \pi \times 30 = 424,41$ r.p.m.

$LC_{A-B} = m/2(Z_A + Z_B)$; $200 = 4/2(32 + Z_B)$, $Z_B = 68$ dientes.; $d_E = 186 = 6 \times Z_E$, $Z_E = 31$ dientes.

$D_{extD}/D_{extE} = 1,5161$; $Z_D + 2 = 1,5161(Z_E + 2)$; $Z_D = (31+2)(1,5161) - 2 = 48$ dientes. ; $222 = 6/2(Z_C + 48)$

$Z_C = 26$ dientes. ; $n_E/n_D = 48/31$, $424,41/n_D = 48/31$, $n_D = 274,1$ r.p.m. ; $n_D/n_C = 26/48$, $274,1/n_C = 26/48$

$n_C = 506$ r.p.m. = n_B ; $n_B/n_A = 32/68$, $506/n_A = 32/68$, $n_A = 1075,3$ r.p.m.

c) $r_{xy} = n_x/n_y = d_y/d_x$; $1075,25/3200 = d_y/321$; $d_y = 107,9$ mm

d) $Pot_{CHUCK} = 4 \text{ hp} \times 0,85 \times 0,72 \times 0,95 \times 0,70 \times 0,75 = 1,22$ HP



K.-SOLDADURA

SISTEMA AWS DE CLASIFICACION DE ELECTRODOS ELECTRICOS PARA ACEROS DULCES Y DE BAJA ALEACION

Especificación de un ELECTRODO eléctrico: E AA B C DD

E .- Producto para ser aplicado por arco eléctrico.

AA.- Resistencia Mínima a la Tracción del Depósito de Soldadura en lb/pulg² (PSI)

| Símbolo de 2 ó 3 dígitos | PSI | Otros |
|-----------------------------|--------|----------------------------|
| 45 | 45000 | Aceros dulces |
| 60 | 60000 | |
| 70 | 70000 | Aceros de baja aleación |
| 80 | 80000 | |
| 90 | 90000 | |
| 100 | 100000 | |
| 110 | 110000 | |
| 120 | 120000 | |

B.- Posición de Soldadura

| Símbolo | Posición |
|---------|--------------------|
| 1 | Cualquier posición |
| 2 | Plan y horizontal |
| 3 | Plana solamente |



Posición vertical
ascendente

Posición
sobrecabeza

Posición
horizontal

Las diferentes posiciones de soldadura con electródo eléctrico.

C.- Tipo de Corriente y otros

| Símbolo | Corriente | Revestimiento | Arco | Fe Polvo | Otros |
|---------|------------|-----------------------------------|---------|----------|-------------------|
| E6010 | CC | Celulósico +Sodio | potente | 0-10% | |
| E6020 | CA o CC+/- | Oxido de Fierro + Sodio | mediano | 0 | |
| E6011 | CA o CC+ | Celulósico + Potasio | potente | 0 | |
| EXXX2 | CA o CC- | Rutilo + Sodio | mediano | 0-10% | |
| EXXX3 | CA o CC- | Rutilo + Potasio | suave | 0-10% | Excelente acabado |
| EXXX4 | CA o CC+/- | Hierro en Polvo + Rutilo | suave | 25-40% | Relleno rápido |
| EXXX5 | CC+ | Bajo Hidrógeno + Sodio | mediano | 0 | |
| EXXX6 | CA o CC+/- | Bajo Hidrógeno + Potasio | mediano | 0 | |
| EXXX7 | CA o CC+/- | Óxido de Hierro + Hierro en Polvo | mediano | 50% | Relleno rápido |
| EXXX8 | CA o CC+ | Bajo Hidrógeno + Hierro en Polvo | mediano | 25-40% | Relleno rápido |

DD.- Sufijo de las Aleaciones del Núcleo del Electrodo o Metal de Aporte

| Sufijo | C | Mn | Si | Ni | Cr | Mo | V |
|--------|-----|-----------|---------|-----------|-----------|----------|-------|
| A1 | .12 | .60 -1.00 | .40-.80 | - | - | .40-.65 | - |
| B1 | .12 | .90 | .60-.80 | - | .40-.65 | .40-.65 | - |
| B2L | .05 | .90 | 1.00 | - | 1.00-1.50 | .40-.65 | - |
| B2 | .12 | .90 | .60-.80 | - | 1.00-1.50 | .90-1.10 | - |
| B3L | .05 | .90 | 1.00 | - | 2.00-2.50 | .90-1.20 | - |
| B3 | .12 | .90 | .60-.80 | - | 2.00-2.50 | .90-1.20 | - |
| B4L | .05 | .90 | 1.00 | - | 1.75-2.25 | .40-.65 | - |
| C1 | .12 | 1.20 | .60-.80 | 2.00-2.75 | - | - | - |
| C2 | .05 | 1.20 | .60-.80 | 3.00-3.75 | - | - | - |
| C3 | .12 | .40-1.10 | .80 | .80-1.10 | .15 | .35 | .05 |
| D1 | .12 | 1.25-1.75 | .60-.80 | - | - | .25-.45 | - |
| D2 | .15 | 1.65-2.00 | .60-.80 | - | - | .25-.45 | - |
| G | | 1mín. | .80 | 50mín. | .30mín. | .20mín. | 1mín. |
| M | .10 | .60-2.25 | .60-.80 | 1.40-2.25 | .15-1.50 | .25-.55 | .05 |

EJERCICIOS SOBRE SOLDADURA

1.- ¿Qué electrodo eléctrico con revestimiento de óxido de hierro y hierro en polvo, y para cualquier posición de soldar, recomendaría para la unión del eje roscado con el dado de 16 mm. de diámetro, si el cordón de soldadura de filete debe tener una resistencia mínima a la tracción de $4,76 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ y el núcleo debe contener las aleaciones del material de base? Dar la especificación del electrodo según el sistema AWS?

SOLUCION:

De tablas veremos que de acuerdo al revestimiento requerido de óxido de hierro y hierro en polvo el electrodo elegido corresponde a: **EXXX7** y además por las aleaciones del material de base tendrá un sufijo: **C3**.

Por otro lado:

$$4,76 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2 \times 14,7 \text{ psi} / 1 \text{ kg/cm}^2 = 70 \text{ kpsi.}$$

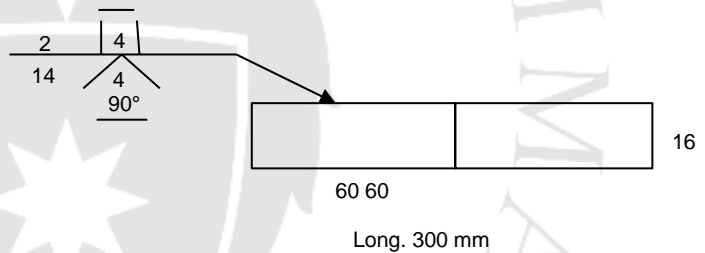
Además adjuntando el requerimiento de **cualquier posición de soldar**, el electrodo elegido es:

E7017 – C3

2.-La velocidad de fusión de un electrodo E6024, 8 mm ϕ y 14" de longitud es de 200 mm/min. Los electrodos se consumen hasta en un 90% de su longitud total. El soldador ejecuta un cordón a una velocidad de 400 mm/min. Los detalles se muestran en la figura.

Determinar:

- La sección transversal de cada cordón de soldadura por pasada (mm^2).
- El número de pasadas para rellenar la junta especificada.
- Calcular el número necesario de varillas que permite rellenar totalmente la junta en V.
- El tiempo total de soldeo aproximado.



SOLUCION:

$$a) A_e = \pi/4 \times d^2 = 50,24 \text{ mm}^2 ; \quad V_e \times A_e = V_c \times A_c ; \quad A_c = (V_e / V_c) \times A_e = 25,12 \text{ mm}^2$$

$$b) NP = A_j / A_c = 260 / 25,12 = 10,35 \approx 11 \text{ pasadas}$$

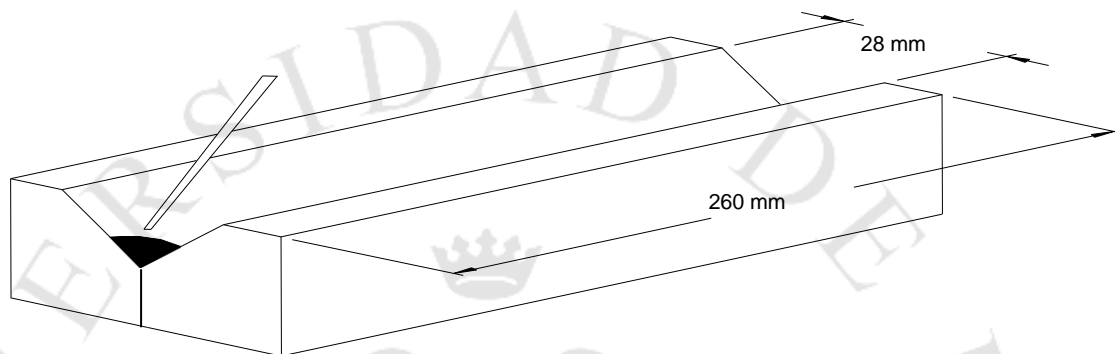
$$c) NV = V_j / V_e = 78 \text{ cc} / 16,08 \text{ cc} = 4,85 \approx 5 \text{ varillas}$$

$$d) t = L_{T_e} / V_e = 14(0,9)25,4(4,85) / 200 = 7,76 \text{ min} , \text{ o } t = L_{T_c} / V_{op} = 10,35 (300) / 400 = 7,76 \text{ min}$$

3.- La velocidad lineal de fusión de un electrodo E6024 de 6 mm de diámetro y 14" de longitud es de 165 mm por minuto. Los electrodos se consumen hasta en un 90% de su longitud total. Si el soldador ejecuta un cordón de soldadura con el electrodo a una velocidad lineal de 250 mm por minuto. Notemos que el canal en V (90°, junta de soldeo) necesita de varias pasadas para ser rellenada totalmente. (Ver figura).

Determinar:

- La sección transversal del cordón de soldadura depositado por pasada (mm^2)
- Calcular el número necesario de varillas que permite rellenar totalmente el canal en V.
- Número de pasadas
- Velocidad del operador para realizar el soldeo en una sola pasada
- ¿Porqué hacer el soldeo en más de una pasada?



SOLUCION:

$$A_e = \pi / 4 \times d^2 = \pi / 4 \times (6)^2 = 28,27 \text{ mm}^2$$

$$V_e = 165 \text{ mm/ minuto}$$

$$V_c = 250 \text{ mm/ minuto}$$

$$\begin{aligned} \text{a) } V_e \times A_e &= V_c \times A_c ; \\ A_c &= (V_e / V_c) \times A_e = \\ (165 / 250) \times 28,27 &= 18,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

b) Volumen del canal: V_{canal} .

$$X^2 + x^2 = (28)^2 ; x = 19,8 \text{ mm.}$$



$$A_{\text{canal}} = (19,8 \times 19,8) / 2 = 196,02 \text{ mm}^2$$

$$V_{\text{canal}} = 196,02 \text{ mm}^2 \times 260 \text{ mm} = 50965,2 \text{ mm}^3$$

$$V_{\text{varilla}} = 28,27 \text{ mm}^2 \times 14" \times 25,4 \text{ mm/pulg} \times 0,90 = 9047,5 \text{ mm}^3$$

Por lo tanto:

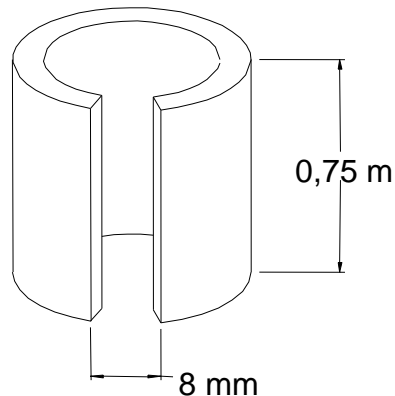
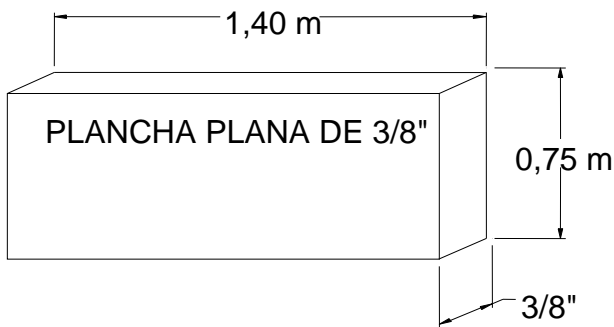
$$\text{El número de varillas: } (50965,2 / 9047,5) = 5,63 \cong 6 \text{ varillas.}$$

c) Tarea, 11 pasadas

d) Tarea, 23,8 mm/min

e) Para evitar deformación de la pieza por recalentamiento

4.- Se desea soldar un lote de 4 cilindros rolados a partir de planchas planas de 3/8" x 1,40 m x 0,75 m. El empalme será a tope, 8 mm. de luz, con electrodo de soldadura E7018 A de $\phi 6$ mm, longitud 12". (considerar 10% de tocho o sobrante para el electrodo de soldadura)



PLANCHA ROLADA (CILINDRO)

- a) ¿Cuántas varillas se necesitan aproximadamente para soldar el lote?
b) ¿Cuál es el volumen aproximado del interior de cada cilindro? (m³)

SOLUCION:

$$a) V_{\text{VARILLAS}} = \pi/4 \times 6^2 \times 12 \times 25,4 \times 0,9) = 7,75 \text{ cm}^3$$

$$4 V_{\text{EMPALMES}} = 4 (8 \times 3/8 \times 25,4 \times 750) = 228600 \text{ mm}^3 = 228,6 \text{ cm}^3$$

$$N^{\circ} \text{ de varillas} = 4 V_{\text{EMPALMES}} / V_{\text{VARILLA}} = 228,6 / 7,75 = 30 \text{ varillas}$$

$$b) \pi d = 1400 + 8 ; d = 448,4 \text{ mm} = 0,448 \text{ m} ; V_{\text{CIL}} = \pi/4(0,448)^2 \times 0,75 = 0,118 \text{ m}^3 = 118 \text{ lts.}$$

5.- En el taller de la FII – UL se recibe una orden para fabricar seis soportes según diseño mostrado en la figura. Los filetes son de 15 x 15 mm con ángulos de 45°. El operario empleará electrodos E6024 de $\phi 6$ mm x 356 mm de longitud. Para presupuestar la orden, se requiere calcular:

($\rho_{\text{acero}} = 7,5 \text{ g/cc}$)

- a) La masa total de soldadura a emplear.
b) El número de electrodos a emplear.

SOLUCION:

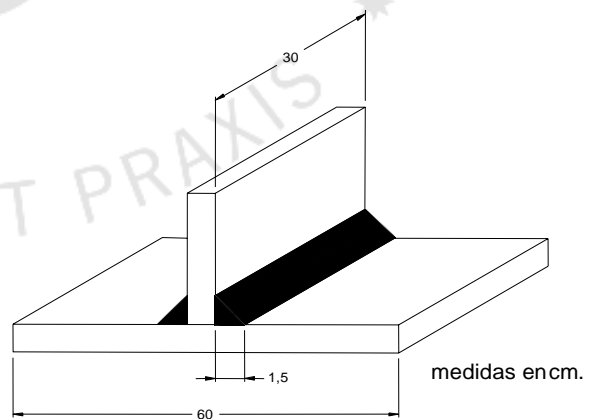
$$a) m \text{ de cada cordón} = (15 \times 15)/2 \times 300 \times 7,5 \text{ gr/cc} \times 1 \text{ cc}/1000 \text{ mm}^3 = 253 \text{ grs.} \times 2 \text{ filetes} = 506 \text{ grs.}$$

$$m_{\text{TOTAL}} = 6 \text{ soportes} \times 506 \text{ grs} = \mathbf{3036 \text{ grs.}}$$

$$b) \text{ Asumiendo un consumo del 90\% del electrodo, } m_{\text{ELECTRODO}} = 0,9 \times \pi/4 \times 6^2 \times 356 \text{ mm} \times 7,5 \text{ gr/cc} \times 1 \text{ cc}/1000 \text{ mm}^3 = 67,9 \text{ grs.}$$

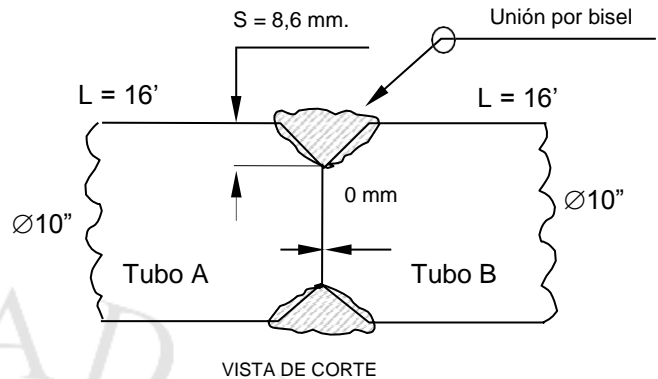
Por lo tanto:

$$3036 \text{ grs} / 67,9 \text{ grs} = 45 \text{ varillas.}$$



6.- Se desea soldar la tubería de un oleoducto de 2 km, usando tubos de 10" de diámetro (día. ext. 10,75", pared 0,365") y 16' de largo. El material es acero de 7,8 kg/lt de densidad. A los extremos de cada tubo se debe realizar el torneado cónico de un bisel a 45° como junta de soldeo (ver fig.). Se utilizará dos tipos de soldadura, una de raíz o relleno, y otra de acabado o de superficie, ocupando cada una la mitad de la sección del bisel.

La soldadura de raíz será un Electrodo Raíz E 6011, de diámetro 6 mm y 14" de longitud, con velocidad de fusión de 165 mm/min y colilla de 1". El soldador avanza el cordón de soldadura con una velocidad lineal de 230 mm/min. Una lata de soldadura E6011 tiene 20 kg. y 150 varillas aproximadamente. Tiempo estimado para la soldadura de raíz de dos tuberías es de 3 minutos.



La soldadura de acabado será la soldadura semiautomática-Innershield wires-NR-203, que viene en carretes de 22 libras. El tiempo de soldeo de una junta es de 5 minutos, y la velocidad de deposición es de 1,5 kg/hr.

- ¿Cuál es el volumen de viruta en el torneado de un extremo de cada tubo?
- ¿Cuál es el tiempo de pasada en el torneado cónico de un bisel, si este se hace en una sola pasada? Considerar 16 m/min de velocidad de corte y avance 0,08 mm/rev. Además, el retiro inicial de la cuchilla puede ser 0,5 mm. y el final 0,5 mm.
- ¿Cuántos kilos de soldadura E6011 y NR-203 se necesitan aproximadamente para toda la obra?
- ¿En cuántas horas puede acabar un solo soldador la obra, si trabaja 8 hrs diarias?

SOLUCION:

$$a) V_{\text{VIRUTA}} = (8,6 \times 8,6)/2 \times \pi (10,75 \times 25,4 - 8,6) = 30722 \text{ mm}^3 \cong \mathbf{31 \text{ cm}^3}$$

$$b) L = 8,6 \sqrt{2} = 12,16 \text{ mm}; d_{\text{MAX}} = 273,05 \text{ mm};$$

$$n = \frac{2 \times 16000 \text{ mm/min}}{273,05 \text{ mm}} \times \frac{1 \text{ rev}}{2\pi} \cong \mathbf{18,7 \text{ r.p.m}}$$

$$v_L = 18,7 \text{ rev/min} \times 0,08 \text{ mm/rev} = 1,496 \text{ mm/min}; t_P = \frac{12,16 + 0,5 + 0,5 \text{ mm}}{1,496 \text{ mm/min}} = \mathbf{8,8 \text{ min}}$$

$$c) E6011 \text{ y NR-203: } m_1 = 7,8 \text{ kg/lt} \times 31 \text{ cm}^3 \times 1 \text{ lt}/1000 \text{ cm}^3 = 0,2418 \text{ kg/junta}$$

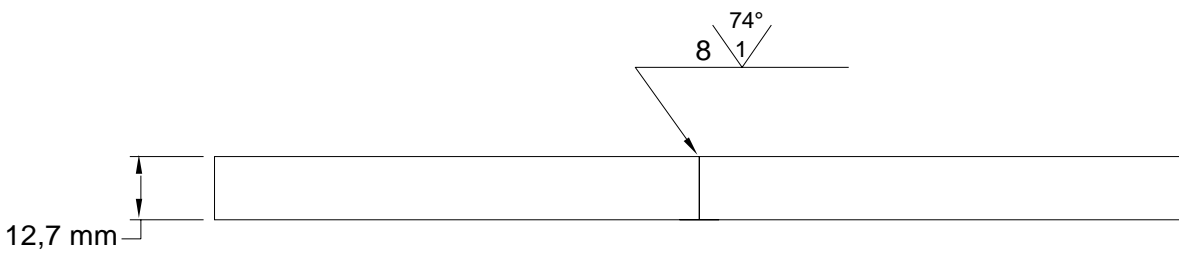
$$\text{Número de juntas: } NJ = \frac{2000 \text{ m}}{16 \times 0,3048 \text{ m/pie}} - 1 = 410,10 - 1 = 409,10 \cong \mathbf{410 \text{ juntas}}$$

Luego: **E6011 → 99,2 kg y NR - 203 → 99,2 kg**

$$d) t_{6011} = 3 \text{ min} \times 410 = 1230 \text{ min} \quad t_{\text{NR-203}} = 5 \text{ min} \times 410 = 2050 \text{ min}$$

$$t_{\text{TOTAL}} = 3280 \text{ min} = 55 \text{ horas} \cong \mathbf{7 \text{ días}}$$

7.- En una empresa metal mecánica, se desea soldar entre sí dos planchas de superficie cuadrada de 1,2 m de lado y ½ pulgada de espesor (ver figura).



El área de mantenimiento cuenta con el siguiente stock de varillas de soldadura para arco eléctrico:

| Tipo de electrodo | Cantidad | Diámetro | Longitud |
|-------------------|----------|----------|----------|
| E-5018A1 | 61 | 1/8" | 14" |
| E-5518A1 | 46 | 1/8" | 14" |
| E-6018A1 | 66 | 1/8" | 14" |
| E-7018A1 | 100 | 1/8" | 14" |

Todas las varillas se funden a 15 pulg/min y 4cm de colilla o sobrante.

Si la soldadura realizada deberá soportar un esfuerzo de tracción promedio de 4000 kg/cm², se pide determinar:

- Tipo de electrodo que deberá utilizarse.
- Número de varillas que deberá utilizarse para realizar el trabajo.
- Corriente mínima que recomienda para la máquina de soldar.
- Número de pasadas necesarias para realizar el trabajo sabiendo que el soldador trabaja a una velocidad de 3,6 pulg/min

SOLUCION:

a) $\sigma = 4000 \text{ kg/cm}^2 = 56774,1 \text{ psi}$.

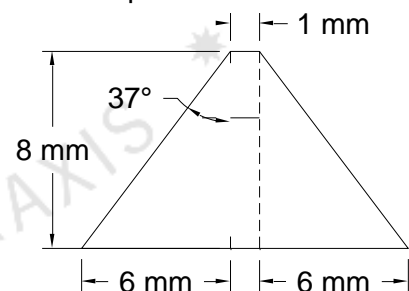
Se escoge el electrodo que soporta mayor presión = **E6018A1** = 60000 psi.

b) Área del cordón según diagrama:

$$\text{Área del trapecio: } \left(\frac{B + b}{2} \right) \times h = \left(\frac{13 + 1}{2} \right) \times 8 = 56 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área de la junta} = 56 \text{ mm}^2 = 0,56 \text{ cm}^2;$$

$$V = 0,56 \text{ cm}^2 \times 120 \text{ cm} = 67,2 \text{ cm}^3$$



$$V = \frac{\pi (2,54)^2}{4 \left(\frac{8}{8} \right)} [14 (2,54) - 4] = 2,5 \text{ cm}^3 = \text{vol. del electrodo}; \text{ N}^\circ \text{ varillas} = 67,2 / 2,5 \approx \mathbf{27 \text{ varillas}}$$

c) $I = 30 \times \text{diámetro electrodo} = 30 \times 1/8 \times 25,4 = \mathbf{95,3 \text{ A}}$

d) Por continuidad: $A_C \times v_{OP} = v_f \times A_e$; $A_e = \pi/4 (1/8 \times 25,4)^2 = 7,92 \text{ mm}^2$

$$A_C \times 3,6 \text{ pulg/min} = 7,92 \times 15 \text{ pulg/min}; A_C = 33 \text{ mm}^2; \text{ N}^\circ \text{ de pasadas} = 56/33 \approx \mathbf{2 \text{ pasadas}}$$



L.-MÁQUINAS HIDRÁULICAS

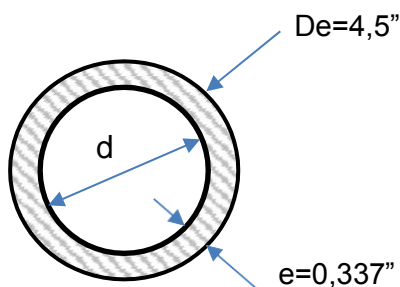


Tabla de tuberías de Acero Inoxidable ASTM 312

| Diámetro Nominal D (pulg.) | Diámetro Exterior De (pulg.) | Espesor de Pared e (pulg.) | Schedule (-) |
|----------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------|
| 1/2 | 0,840 | 0,109 | 40 |
| 1 | 1,315 | 0,133 | 40 |
| 2 | 2,375 | 0,154 | 40 |
| 3 | 3,500 | 0,216 | 40 |
| 4 | 4,500 | 0,237 | 40 |
| 3 | 3,500 | 0,300 | 90 |
| 4 | 4,500 | 0,337 | 90 |
| 4 | 4,500 | 0,531 | 160 |



Ejemplo: El diámetro interior “d” de una tubería ASTM ϕ 4” Schedule 90 es;



$$d = De - 2 \cdot e = 3,826 \text{ pulgadas}$$

EJERCICIOS DE BOMBAS

1.- Para el sistema de bombeo de un edificio de 5 pisos, 15 metros de altura entre tanque cisterna y tanque elevado, ubicado en la Av. José Pardo (Miraflores), se requiere seleccionar bombas Hidrosta B1C-05, apropiadas para vivienda y edificios. El primer piso es parqueo, y los demás pisos tienen cinco departamentos cada uno. Se ha estimado que el consumo de agua promedio por departamento en la hora punta de las 6:30 a.m. es de 10 lt/min, y dura cuarenta y cinco minutos. Las pérdidas por tuberías y accesorios en metros de agua, hasta el tanque elevado, se han estimado en $1,15 Q^2$, donde Q está en lt/seg. Se prevee que cada año que pasa, dichas pérdidas aumentan un 6% del año anterior, por envejecimiento del sistema.

- ¿qué volumen de tanque cisterna recomendaría, sabiendo que en las mañanas no llega agua del servicio público?
- ¿cuál es la curva del sistema nuevo? Mostrar la curva, y el punto de funcionamiento deseado.
- ¿Cuál es el número de bombas B1C-1 que recomendaría para el sistema nuevo? (ver curva de la bomba)
- Hallar la curva de pérdidas del sistema con 6 años de antigüedad (Hacer el diagrama H-Q respectivo).

Solución:

a) Sea caudal;

$$Q_{\text{máx}} = 10 \text{ lts/min} \times 4 \text{ pisos} \times 5 \text{ dptos / piso} \\ = 200 \text{ lts / min} = 3,33 \text{ lts / seg.}$$

$$\text{Volumen} = 10 \text{ lt / min} \times 45 \text{ min} \times 4 \text{ pisos} \times 5 \text{ dptos / piso} \\ = 9000 \text{ lts.} \approx 9 \text{ m}^3.$$

$$b) H_{\text{sis}} = 15 + 1,5 Q^2$$

$$H_{\text{sis}} = 15 + 1,15 (3,33)^2 = 27,75 \text{ m.}$$

PF deseado (3,33lt/s; 27,75m agua)

c) $NB = Q/q$ para $H_B = 27,75$; c/bomba B1C-1 da $q = 1 \text{ lt/s}$

$$NB = 3,33/1 = 3,33 \quad \text{escoger } \mathbf{NB = 4 \text{ bombas B1C-1; además } PF(>3,33\text{lt/s}; >27,75\text{m}) \text{ OK}}$$

d)

$$\begin{aligned} \Delta h_{p1} &= 1,15 Q^2 && = \text{primer año} \\ \Delta h_{p2} &= 1,15 \times 1,06^1 Q^2 && = \text{segundo año} \\ \Delta h_{p3} &= 1,15 \times 1,06^2 Q^2 && = \text{tercer año} \end{aligned}$$

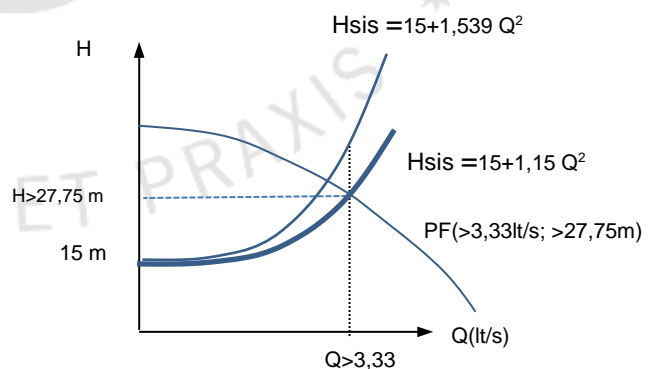
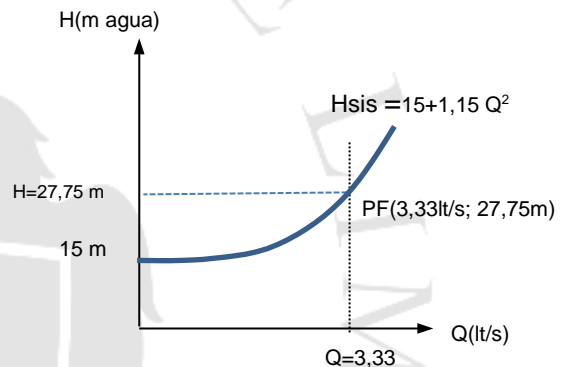
$$\Delta h_{p6} = 1,15 \times 1,06^5 Q^2 \quad = \text{sexto año}$$

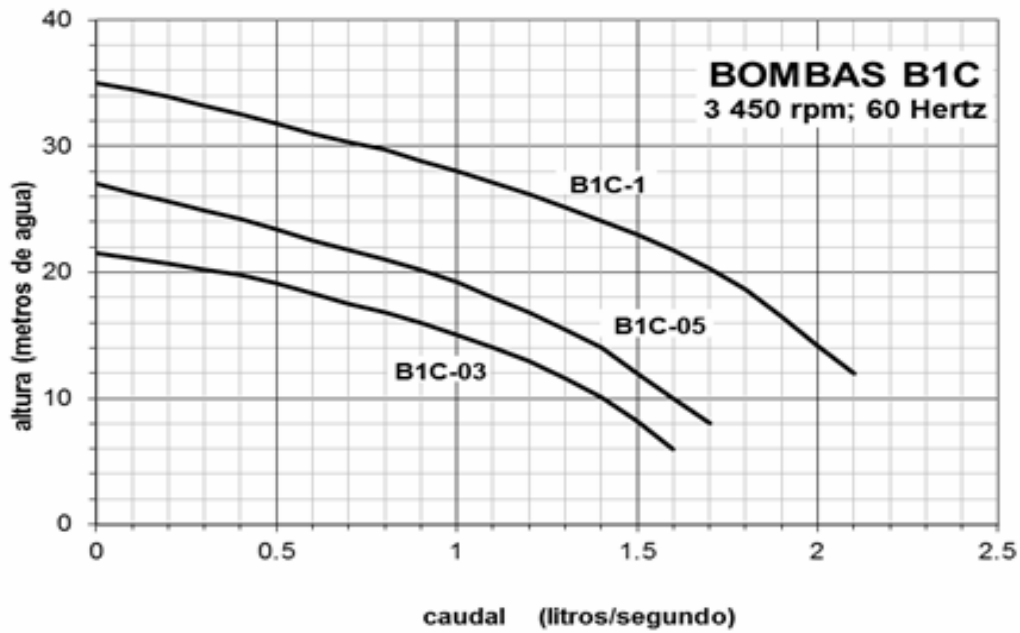
Para 6 años:

$$H_{\text{sis}.6} = 15 + 1,15 \times 1,06^5 Q^2$$

$$H_{\text{sis}.6} = 15 + 1,539 Q^2 \quad (6 \text{ años})$$

Para $Q = 3,33 \text{ lt/s}$, será $H = 32,1 \text{ m}$ agua





2.- Si se usan 2 bombas en paralelo B1C-01 (figura de página anterior) para una carga de 21 m de H₂O en un edificio con 9 m entre los niveles del agua del tanque cisterna y elevado.

- Hallar el caudal total
- Indicar el punto de funcionamiento
- Hallar la curva del sistema

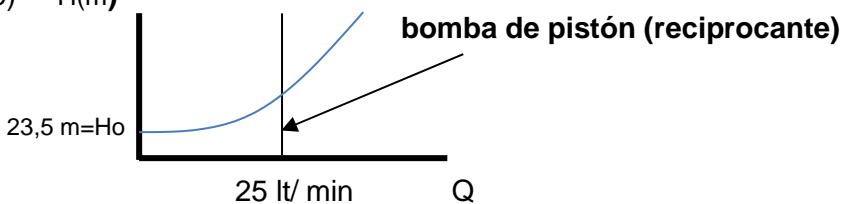
3.- Se bombea agua a través de una tubería de PVC de 2" de diámetro Schedule 40. La altura del nivel del tanque cisterna a la bomba es 1,5m, y sus pérdidas son 1m de agua. La altura de la bomba al nivel de agua del tanque elevado es 22 m, y las pérdidas son aproximadamente 60m de agua. La eficiencia de la bomba es de 60% y el flujo de agua es 25 lt/min. Hallar:

- la presión estimada en el manómetro de succión, en psi.
- la presión estimada en el manómetro de descarga, en psi.
- la ecuación de la curva del sistema.
- la potencia de la bomba de agua, en HP.
- la presión manométrica del agua a 5m sobre la bomba, si las pérdidas en ese tramo son 18m de agua (en psi).
- Hallar presión manométrica a 0,5m bajo la bomba, si pérdidas en el tramo son 0,6m de agua.

SOLUCION:

- $P_{\text{succión}} = -1,5 - 1 = -2,5 \text{ m H}_2\text{O} = -3,6 \text{ psi.}$ (10.33 mts H₂O = 14.7 psi)
 $P_{\text{descarga}} = 22 \text{ m} + 60 \text{ m} = 82 \text{ m H}_2\text{O} = 116,7 \text{ psi.}$

- H(m)



- $H_{\text{sis}} = 23,5 + 0,0976Q^2$
- $P_{\text{ot}_B} = 575,1 \text{ Watts} = 0,77 \text{ HP}$
- 5,9bar; o 86psi
- 0,14bar, o -2psi

4.-Una bomba descarga 10000 l/min de agua. La tubería de succión es de diámetro nominal 16 pulg y la de descarga de 14 pulg. El vacuómetro que se encuentra a 8 pulg. debajo de la línea de centro de la bomba muestra una lectura de 2,5 psi de vacío. El manómetro que se encuentra a 28 pulg. por encima de la línea de centros muestra una lectura de 10 lbs/pulg². ¿Cuál es la carga total aproximada de la bomba en pies de agua? Asumir pérdidas de 12 pulg entre los dos manómetros y 9 pulg de la bomba al manómetro de descarga. (1pie=30,48 cm; 1 bar=10,33 mts agua=33,89 pies agua)

SOLUCION:

2,5 psi + 10 psi = 12,5 psi. = 0,85 bar (1 bar = 14,7 psi) ; 0,85 bar = **28,80 pies de agua**

8 pulg + 28 pulg = 36 pulg = **3 pies de agua**

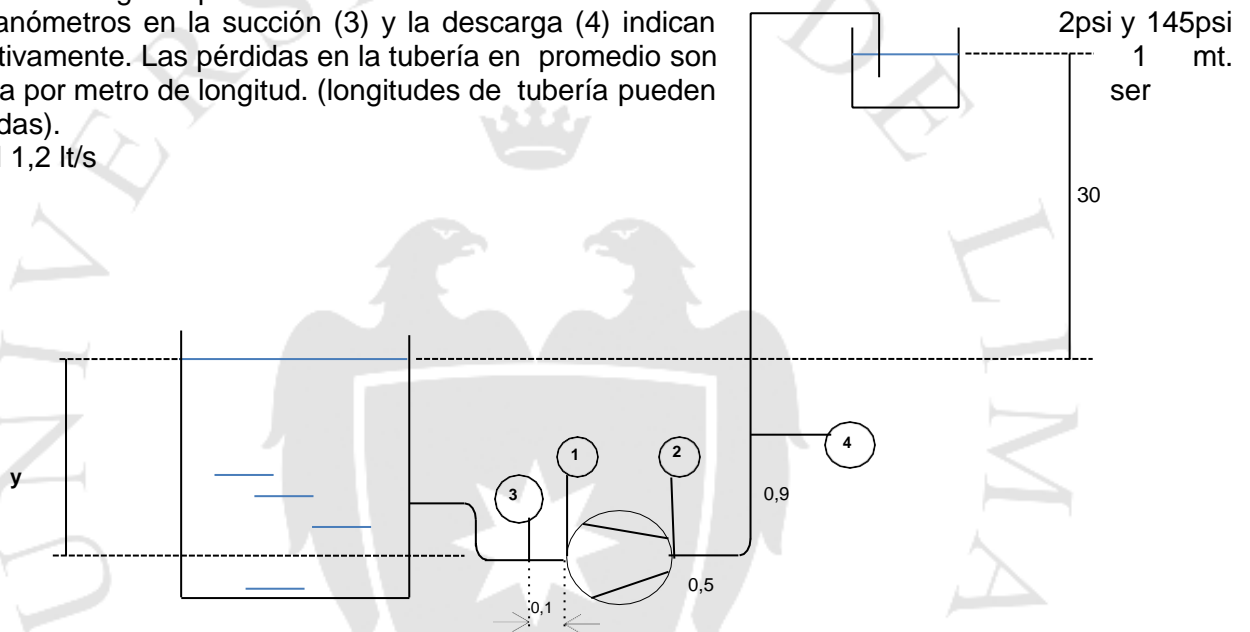
Pérdidas entre los manómetros: 12pulg=**1pie de agua**.

Luego:28,80 pies agua + 3 pies agua +1pie agua= 32,8 pies agua \cong **33 pies agua**.

5.- En la casa de bombas frente a la pileta de la U. de Lima hay un conjunto de bombas conectadas en paralelo. Una de ellas es de 3 HP, 3450 r.p.m. y tiene un diámetro de impulsor o rodete de 6 1/2" suministrando agua a parte de la universidad.

Los manómetros en la succión (3) y la descarga (4) indican respectivamente. Las pérdidas en la tubería en promedio son de agua por metro de longitud. (longitudes de tubería pueden estimadas).

Caudal 1,2 lt/s



- ¿Cuál es la carga de la bomba en pies de agua?
- Hallar las pérdidas totales del sistema (m agua), si la altura entre niveles de agua es 30m.
- Presión en la entrada y salida de la bomba (p_1 ; p_2)
- Hallar la altura y si las pérdidas en la succión son de 3,7m agua
- Pérdidas en la descarga

Rpta: a) $H_s = (145 - 2) \text{ psi} \times 10,33 \text{ m} / 14,7 \text{ psi} + 0,9 \text{ m} + \Delta h_{p_{34}}$

$\Delta h_{p_{34}} = 0,1 + 0,5 + 0,9 = 1,5 \text{ m}$

luego: $H_s = 100,48 \text{ m} + 0,9 \text{ m} + 1,5 \text{ m} = \mathbf{102,88 \text{ m agua}}$

b) Pérdidas = $102,88 - 30 = 72,88 \text{ m agua}$

c) $p_1 = 2 \text{ psi} - 0,1 \text{ m} = 1,3 \text{ m agua}$

$p_2 = H_B + p_1 = 102,88 + 1,3 = 104,18 \text{ m agua}$

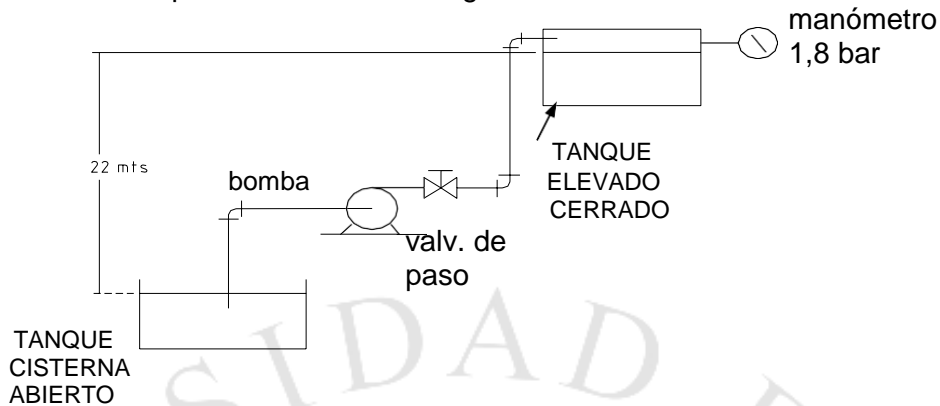
d) 5m

e) 69,2m agua

6.- En una planta conservera se instala un depósito (cerrado y elevado) de agua para uso contra siniestros según el diagrama adjunto. Calcular:

La carga o altura desarrollada por la bomba (H_{BOMBA}) considerando pérdidas totales por fricción en las tuberías y accesorios (succión y descarga) de 16 m para un caudal de 500 galones/min.

La potencia de la bomba para el caudal de 500 galones/min.



SOLUCION:

a) $H_{BOMBA} = H_{DESCARGA} + H_{SUCCION} + H_{PERDIDAS\ TOTALES} + H_{INTERNA\ DEL\ TANQUE} = 22 + 16 + 1,8 \times 10,33 \text{ m} = 56,6 \text{ m agua}$.

b) $Q = 500 \text{ gal/min} = 500 \text{ gal} \times 3,87 \text{ l/gal} \times 1 \text{ m} / 60 \text{ seg} \times 0,001 \text{ m}^3/\text{lt} = 0,0323 \text{ m}^3/\text{seg}$

$Pot_B = \gamma QH / \eta_{76} = (1000 \text{ kgf/m}^3 \times 0,0323 \text{ m}^3/\text{seg} \times 56,6 \text{ m}) / 0,75 \times 76 = 32,3 \text{ HP}$

7.- En una instalación de bombeo de agua tipo cisterna – tanque hidroneumático de un edificio en Lima, la altura de succión es 2 m, y las pérdidas entre los puntos de succión y de entrada al tanque es 8 m de agua. La presión máxima en el tanque hidroneumático es 90 m de agua, suficiente para cubrir la demanda en todos los puntos de servicio del edificio. Se emplea una bomba centrífuga, que gira a 2500 r.p.m. de eficiencia 70%, para suministrar un caudal promedio de 2,5 l/s manteniendo la válvula de descarga abierta al 100%.

Nota: El peso específico del agua es 1000 kgf/m^3

La temperatura ambiente está a 15°C (presión de vapor del agua = 0,015 bar)

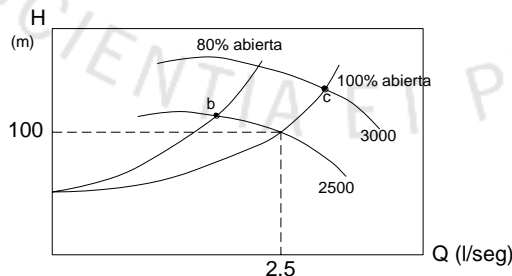
- Calcular la potencia de la bomba, en HP.
- Mediante un diagrama H-Q, mostrar la variación de las pérdidas y caudal al cerrar la válvula de descarga en un 20% (curva de la bomba y del sistema)
- Mediante un diagrama H-Q, mostrar la curva de funcionamiento a 2500 y a 3000 r.p.m. del rodete o impulsor de la bomba.
- Determinar la presión manométrica a la cual ocurre la cavitación, en bar.

SOLUCION:

a) $H_B = (2 + 8 + 90) \text{ m H}_2\text{O} = 100 \text{ mts.}$; $Q = 2,5 \text{ lts/seg} = 0,0025 \text{ m}^3/\text{seg}$; $\eta = 0,70$

$\gamma = 1000 \text{ kgf/m}^3$; $POT_B = \gamma QH / 76\eta = (1000 \times 0,0025 \times 100) / 0,70 \times 76 = 4,7 \text{ HP}$

b) y c)

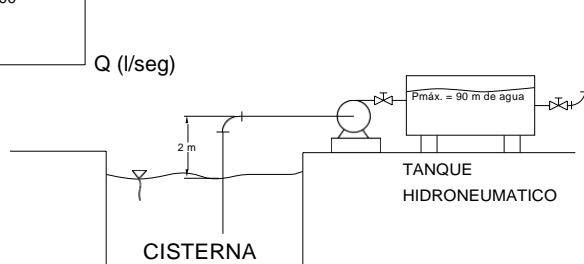


d) A 15°C la presión de vapor de agua es 0,015 bar = $P_{ABSOLUTA\ DEL\ AGUA}$

$P_{ABSOLUTA\ DEL\ AGUA} = P_{AMB} + P_{MAN}$

$0,015 = 1 + P_{MAN}$

P_{MAN} ; - 0,985 bar de vacío



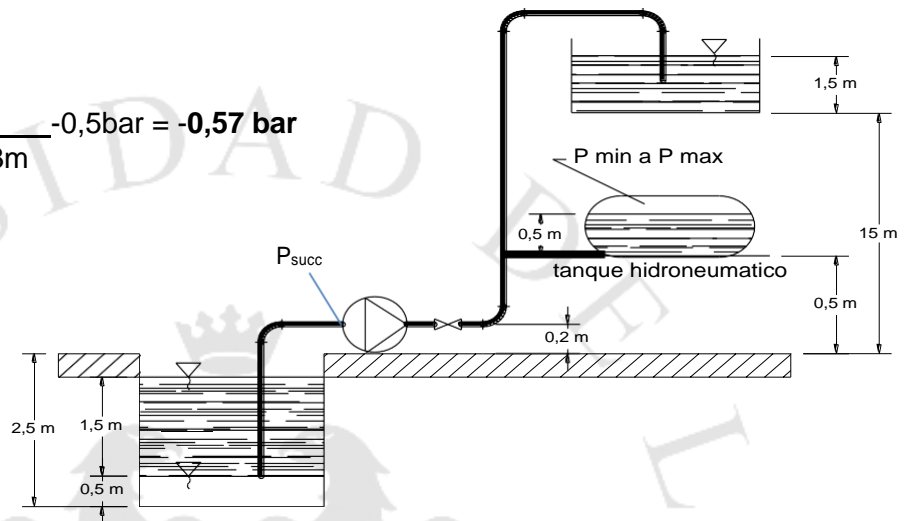
8.- Se tiene un tanque cisterna de 20 m³ de capacidad (4 x 2 x 2,5 altura), que cuenta con una bomba centrífuga cuyo eje se encuentra 20 cm por encima del nivel del suelo. Esta bomba alimenta un tanque hidroneumático horizontal que abastece de agua a un edificio de 5 pisos (3 mts. por piso). El tanque cisterna trabaja entre el 20% y 80% de su capacidad. Las pérdidas por tuberías y accesorios es aproximadamente de 2,2 bar del tanque hidroneumático hacia arriba, y 0,5 bar del tanque hidroneumático hacia abajo (ver figura). Asumir pérdidas despreciables entre la bomba y el tanque hidroneumático. Se pide calcular:

- La presión de succión mínima (a 0,7m) y succión máxima (a 2,2m), en bar.
- Indicar la presión manométrica mínima, en psi, a la que debe trabajar el tanque hidroneumático para abastecer al edificio.

SOLUCION:

$$a) \quad P_{\text{SUCC MIN}} = -(0,5+0,2)m \frac{1\text{bar}}{10,33m} - 0,5\text{bar} = -0,57 \text{ bar}$$

$$P_{\text{SUCC MIN}} = -0,57 \text{ bar (vacío)}$$



$$P_{\text{SUCC MAX}} = -(2,0+0,2)m \frac{1\text{bar}}{10,33m} - 0,5 \text{ bar} = -0,72 \text{ bar.}$$

$$P_{\text{SUCC MAX}} = -0,72 \text{ bar (vacío)}$$

$$b) \quad P_{\text{TH min}} = 15,5 \text{ mt} \times \frac{1 \text{ bar}}{10,33 \text{ mt}} + 2,2 \text{ bar} = 3,7 \text{ bar} \times \frac{14,7 \text{ psi}}{1 \text{ bar}} \cong 54,4 \text{ psi}$$

9.- **EXTRA** La lectura en metros del sistema de tuberías nuevo del edificio de un hotel es:

$$H_{s_0} = 12,5 + 2,6 \times 10^{-4} \times Q^2$$

Siendo la curva luego de 6 años, aproximadamente:

$$H_{s_6} = 12,5 + 5,8 \times 10^{-4} \times Q^2 \quad (H_s \text{ en mts.}, Q \text{ en lt/min})$$

Se ha tomado medidas de la altura versus el caudal de las bombas centrífugas seleccionadas, trabajando a una temperatura ambiente actual de 35° C, instaladas en paralelo, y funcionando todas a la vez:

| | | | |
|------------|-----|-----|-----|
| H (m) | 28 | 19 | 10 |
| Q (lt/min) | 108 | 170 | 216 |

- ¿Cuál es la presión aproximada que indica el manómetro en las tuberías de succión, en el momento que comienza a producirse la cavitación?
- Cuál es el máximo caudal que se logra bombear con la tubería nueva, y el caudal máximo con la tubería luego de 6 años?
- ¿cuál es el número de bombas en paralelo, si se seleccionan bombas Hidrostral B1C-03, ó B1C-05, ó B1C-01, según la figura adjunta?
- Graficar la curva H-Q de la bomba, si es del tipo cilindro-pistón. (Puede darse valores, o si desea, tomar los datos de este problema.

SOLUCION:

a) De tablas: a 35° C, tenemos que la Pabs. es 0,056 bar.

$$P_{man} = 0,056 - 1,000 = -0,94 \text{ bar}$$

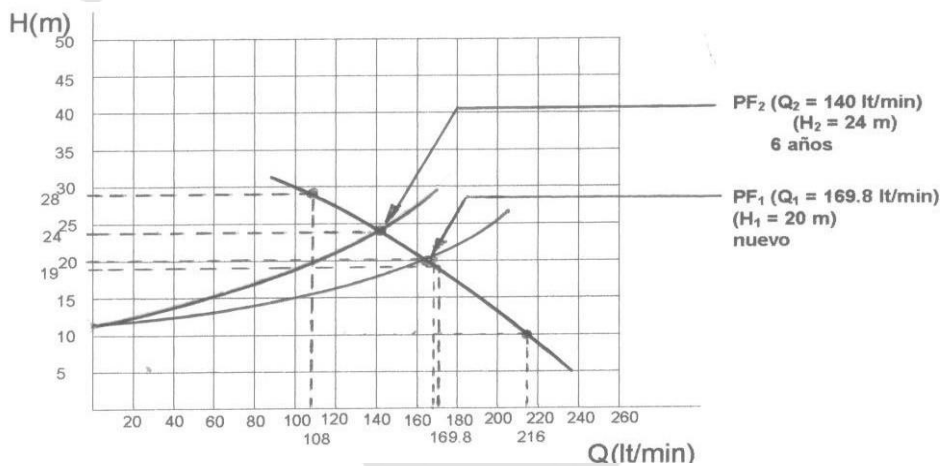
b) De $H_{s_0} = 12,5 + 2.6 \times 10^{-4} \times Q^2$ tenemos:

| | | | |
|----------------|-----------------------|-----------|------------------------|
| Para $Q = 0$, | $H_{s_0} = 12,5$ mts. | $Q = 120$ | $H_{s_0} = 16,244$ mts |
| $Q = 20$ | = 12,604 | $Q = 140$ | = 17,596 |
| $Q = 40$ | = 12,916 | $Q = 160$ | = 18,156 |
| $Q = 60$ | = 13,436 | $Q = 180$ | = 20,924 |
| $Q = 80$ | = 14,164 | $Q = 200$ | = 22,900 |
| $Q = 100$ | = 15,100 | $Q = 220$ | = 25,084 |
| | | $Q = 240$ | = 27,476 |

Luego de $H_{s_6} = 12,5 + 5.8 \times 10^{-4} \times Q^2$

| | | | |
|--------------|-----------------------|----------------|----------|
| Para $Q = 0$ | $H_{s_0} = 12,5$ mts. | Para $Q = 120$ | = 20,852 |
| $Q = 20$ | = 12,732 | $Q = 140$ | = 23,868 |
| $Q = 40$ | = 13,428 | $Q = 160$ | = 27,348 |
| $Q = 60$ | = 14,588 | $Q = 180$ | = 31,292 |
| $Q = 80$ | = 16,212 | $Q = 200$ | = 35,7 |
| $Q = 100$ | = 18,3 | $Q = 220$ | = 40,572 |
| | | $Q = 240$ | = 45,908 |

Luego se puede graficar lo siguiente:



Por lo tanto Q_1 (0 años) $\cong 169,8$ lt/min = 2,83 lt/seg ; Q_2 (6 años) $\cong 140$ lt/min

c) Del gráfico del problema Bombas B1C, 3450 r.p.m. y 60 Hertz.:

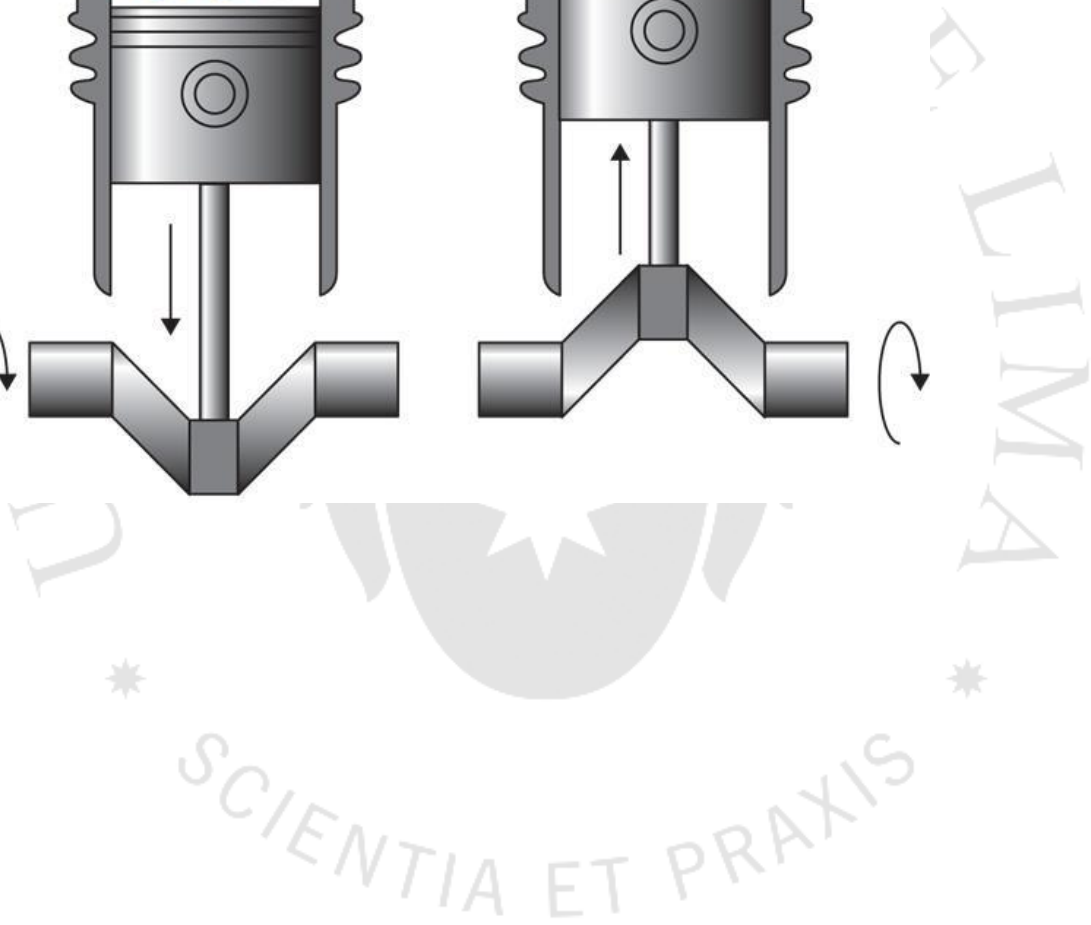
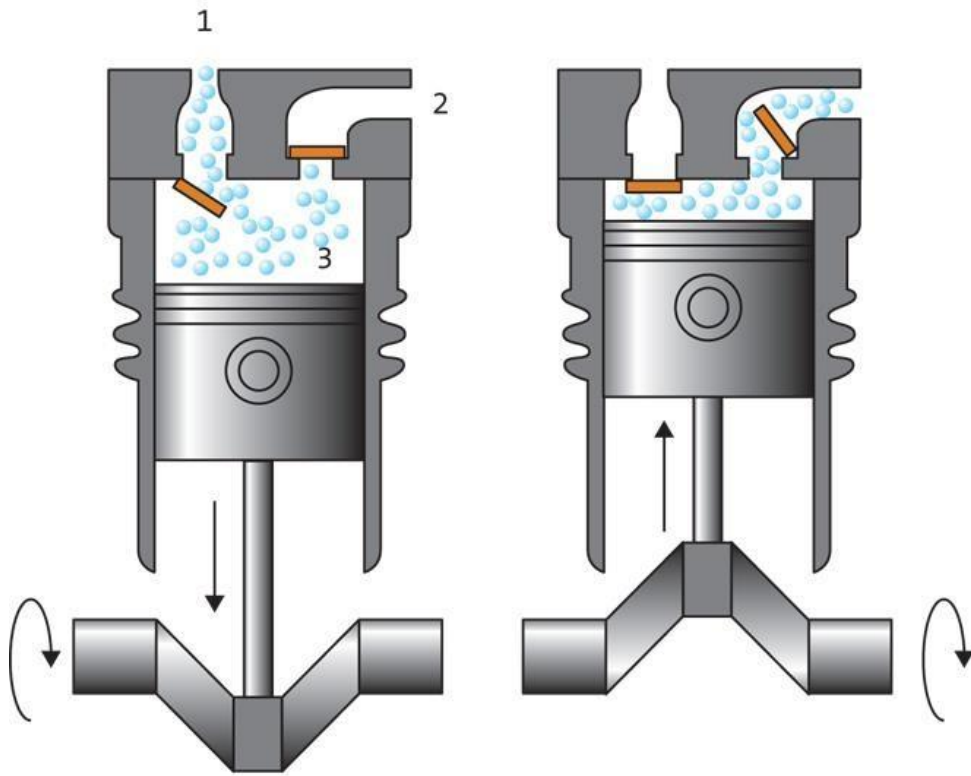
Con $H_1 = 20$ mts. y $Q = 2,83$ lt/seg

| | | |
|--------|------------------|------------------|
| B1C-03 | $Q = 0,3$ lt/seg | 10 bombas |
| B1C-05 | $Q = 0,9$ lt/seg | 04 bombas |
| B1C-1 | $Q = 1,7$ lt/seg | 02 bombas |

d)



M.-COMPRESORES

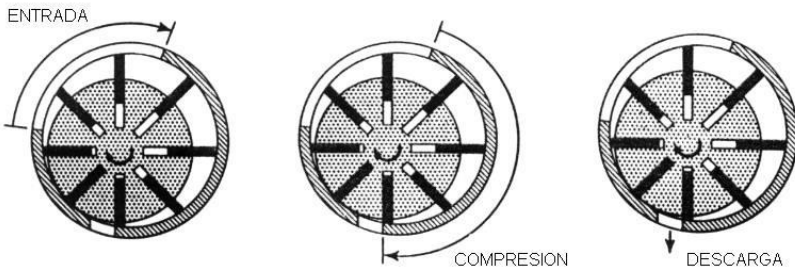


Problemas de Compresores

1.-Un extractor de aire debe entregar un flujo aproximado de 1,5 m³/min, y la diferencia de presión entre la succión y descarga de su hélice axial debe estar en el orden de 0,2 bar. Determinar la potencia del extractor de aire.

Solución: La potencia del extractor es $Pot = \Delta P \cdot V$,
 $\Delta P = 0,2 \text{ bar} = 2 \cdot 10^{-1} \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 20000 \text{ N/m}^2$; $V = 1,5 \text{ m}^3/\text{min}$
 $Pot = 20000 \text{ N/m}^2 \times 1,5 \text{ m}^3/60 \text{ s} = 500 \text{ W}$,

2.-Considerando un proceso de compresión isotérmica, se tiene un compresor de paletas trabajando en la ciudad de Lima. La presión de succión es 0,9 bar y la descarga aproximadamente 2 bar, para una capacidad de entrada de 10 m³ Normal/min. Determinar el flujo de aire en la descarga, en m³/min.

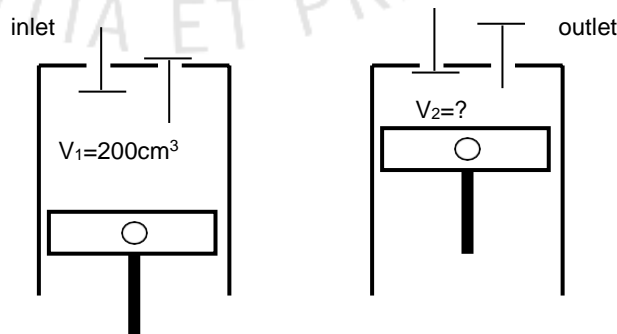


Solución: En un proceso isotérmico y para bajas diferencias de presión se puede cumplir aproximadamente $p_1 V_1 = p_2 V_2$. Reemplazando: $0,9 \text{ bar} \cdot 10 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = 2 \text{ bar} \cdot V_2$

Calculando resulta: $V_2 = 4,5 \text{ m}^3/\text{min}$

3.-Se tiene un compresor de pistón simple etapa, en la ciudad de Lima (1 bar, 20°C), cuyos parámetros son presión de entrada 0,9 bar absoluto, salida 7 bar absoluto, y exponente politrópico de compresión 1,31. Además, el volumen del cilindro es 200 cm³, incluyendo el volumen muerto. Hallar el volumen muerto aproximado al final de la compresión, y la temperatura alcanzada.

Solución:



-Volumen muerto aproximado V_2 , proceso de compresión real : $p_1 V_1^n = p_2 V_2^n$

$$0,9\text{bar} \cdot (200\text{cm}^3)^{1,31} = 7\text{bar} \cdot V_2^{1,31} \quad ; \quad V_2 = \frac{(0,9)^{1,31}}{(7)^{1,31}} \cdot 200\text{cm}^3 = 41,8\text{cm}^3$$

Sea,
$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}, \quad \frac{0,9\text{bar} \cdot 200\text{cm}^3}{(20+273)\text{K}} = \frac{7\text{bar} \cdot 41,8\text{cm}^3}{T_2}$$

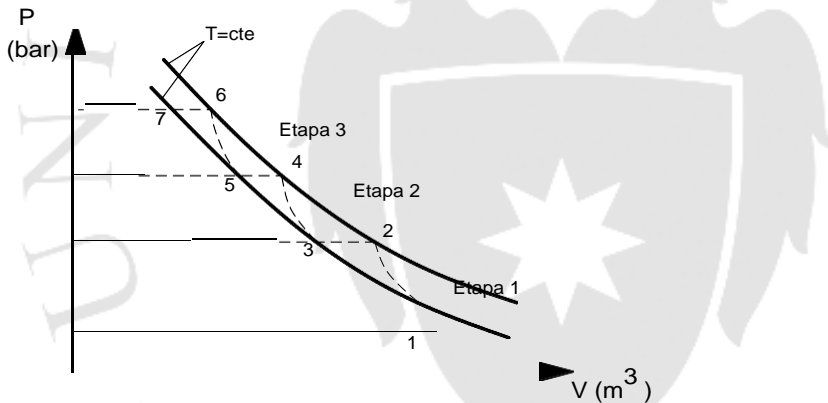
La temperatura final será $T_2 = 476\text{K} = 203^\circ\text{C}$

4.-En un compresor tipo pistón de tres etapas, con un exponente politrópico o real de compresión de 1,29, instalado en Ticlio (5°C , 0,62 bar), se comprime aire hasta una presión máxima de 23 bar absoluto. El diseño del sistema incluye 2 interenfriadores y un postenfriador.

- Dibujar un diagrama presión volumen de las 3 etapas
- ¿Cuáles son las presiones intermedias en los interenfriadores?
- ¿Cuál es la temperatura aproximada en grados centígrados, al final de cada etapa?

Solución:

a)



b)

Con ayuda del diagrama: $P_2 = P_3 = \sqrt[3]{P_1 \cdot P_6}$; $P_4 = P_5 = \sqrt[3]{P_1 \cdot P_6^2}$

Asumiendo $P_1 = 0,62$ bar; reemplazando se tiene:

$$P_2 = \sqrt[3]{0,62^2 \cdot 23} = 2,1\text{bar abs}; \quad P_4 = \sqrt[3]{0,62 \cdot 23^2} = 6,9\text{bar abs}$$

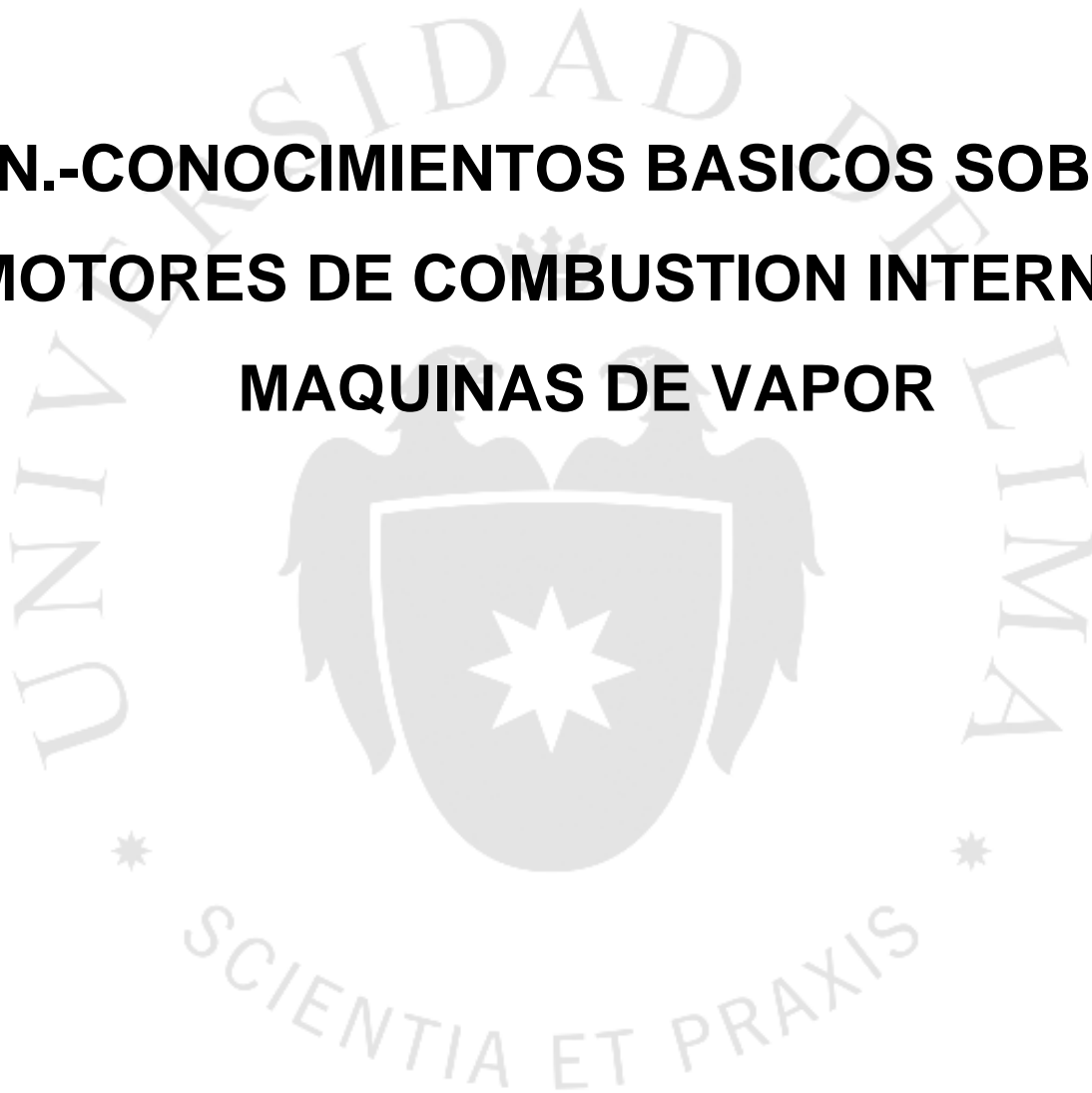
c) De acuerdo al principio de lograr un proceso cercano al ideal, luego de cada etapa se debe enfriar el aire, entonces, $T_1 \approx T_3 \approx T_5 \approx T_7$, y también $T_2 \approx T_4 \approx T_6$

$$\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{n-1}} = \left(\frac{2,1}{0,62} \right)^{\frac{1}{1,29-1}}$$

Para un proceso real, $T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} = (5+273)\text{K} \left(\frac{2,1}{0,62} \right)^{\frac{1,29-1}{1,29}} = 366\text{K} = 93^\circ\text{C}$

Al final de la tercera etapa se tendrá: $T_6 \approx 93^\circ\text{C}$

**N.-CONOCIMIENTOS BASICOS SOBRE
MOTORES DE COMBUSTION INTERNA Y
MAQUINAS DE VAPOR**



FICHA TÉCNICA**Motor Volvo C30 – 2000cc**

| | |
|--------------------------------------|---|
| MARCA | VOLVO |
| MODELO | C30 |
| Versión | 2.0 |
| Procedencia | Bélgica |
| MOTOR | |
| Tipo / Cilindrada (cm ³) | 4L / 1999 |
| # válvulas | 16 |
| Diámetro x carrera (mm) | 87,5 x 83,1 |
| Alimentación | Inyección |
| Posición | Delantero Transversal |
| Relación de compresión | - |
| Régimen máximo | 6500 rpm |
| Potencia máxima | 143,5 HP (107 k.w.) a 6000 rpm |
| Torque máximo | 18,7 Kg.m. (185 N.m.) a 4500 rpm |
| Combustible | Gasolina 97 SP |
| TRANSMISIÓN | |
| Tracción / Tipo / # marchas | Delantera / Mecánica / 5 |
| SUSPENSIÓN | |
| Delantera | McPherson con brazo inferior en L, barra estabilizadora |
| Trasera | Multibrazo con resortes helicoidales y barra estabilizadora |
| FRENOS | |
| Delanteros / Posteriores | Discos ventilados / Discos + ABS + EBD |
| DIRECCIÓN | |
| Sistema / Tipo | Asistencia hidráulica / Piñón y cremallera |
| DIMENSIONES | |
| Largo / Ancho / Alto (mm) | 4252 / 1782 / 1447 |
| Distancia entre ejes (mm) | 2640 |
| Peso neto (Kg) | 1327 |
| Capacidad de tanque (Lt/Gl) | 55 / 14,5 |
| Llantas | 205/50 R17 |
| Garantía | 2 años |
| RENDIMIENTOS OFICIALES | |
| Velocidad máxima (Km/h) | 210 |
| Aceleración 0-100 Km/h (s) | 9,4 |
| Consumo (Km/gl – l/100 Km) | |
| Urbano | 37,1 – 10,2 |
| Extraurbano | 67.6 – 5,6 |
| Mixto | 51,8 – 7,3 |
| Emisión CO ₂ (g/Km) | 174 |
| PRECIO BASE US\$ | 36.900 (S/. 116.235) |

t.c. 3.15

EJERCICIOS DE MOTORES DE COMBUSTION INTERNA

1.-Se tiene un motor Volvo, modelo C30 tipo 4L16 de cilindrada 1999 cm^3 , de relación de compresión 10,5. (ver ficha técnica en página anterior) El espesor de la empaquetadura de culata es 2 mm. El motor se encuentra en mínimo a 800 rpm.

Se pide calcular:

- Número de saltos de chispa del motor por minuto.
- Volumen muerto de cada cilindro, en cm^3 .
- Relación de compresión del motor
- Potencia del motor nuevo a torque máximo, en kW y en HP.

2.-Un motor Nissan 1500cc Standard, 4 cilindros, con empaquetadura de culata 0,5 mm de espesor, calibre igual carrera, tiene relación de compresión 9,1. Al cabo de 2 años el diámetro de cada cilindro se gasta en promedio 0,15mm, y para evitar recalentamiento del motor se cambia por empaque de culata de 1,4 mm de espesor.

- ¿Cuál es el volumen muerto? (original y modificado)
- ¿Aumenta o disminuye la cilindrada del motor al cabo de 2 años?
- ¿Aumenta o disminuye la relación de compresión del motor al cabo de 2 años?

3.-Un motor standard tiene una potencia máxima de 100HP (std 17°C ; 1bar).

- ¿Cuál será su potencia en Ticlio a -5°C (ambiente 0,6bar)?
- ¿Aumenta o disminuye la potencia del motor en La Molina a 17°C ; 0,96 bar ambiente?
- ¿Aumenta o disminuye la potencia del motor con un turbocompresor que aumenta la presión de alimentación de aire en 5 PSI?

4.-Un motor monocilíndrico de inyección a gasolina, a su máxima potencia gira a 6000 rpm.

- ¿cuántas veces inyecta combustible en un segundo?
- ¿cuántas veces salta la chispa de la bujía en un segundo?
- ¿cuántas veces se abre la válvula de admisión en un segundo?

5.-¿Cuál es la cilindrada de un motor de 6 cilindros, si el calibre o diámetro de los cilindros es 75mm y la carrera del pistón es 72mm?

6.-Un motor tiene relación de compresión 7,5 y usa gasolina de 84 octanos. Por razones de protección del medio ambiente se desea cambiar a 90 octanos, y se ha reducido el volumen muerto un 10%, cepillando la culata del motor (reducción del volumen muerto). ¿Cuál es la nueva relación de compresión?

7.-Para un motor de 8 cilindros ¿cuánto combustible consume el motor por hora, si a cada cilindro se le inyecta 20 mili-gr de gasolina 90 octanos por ciclo; y el motor se encuentra en ralentí (600 rpm)?

8.-Se tiene un auto a gasolina de 95 octanos, que consume 8,5 kg/h a 6000 rpm, avanzando una pendiente de 5 grado y con cuatro pasajeros, incluido el piloto. La eficiencia del motor es de 30% y el poder calorífico de la gasolina es 43 000 kJ/kg.

- Hallar:
- Potencia de la gasolina
 - Potencia del motor
 - Pérdidas de potencia

9.- La ficha técnica anexa se refiere a las características de un auto MITSUBISHI- Lancer 1500 GLX, con una relación de compresión del motor de 9.2. La mitad de la potencia efectiva máxima de su motor (46.5 HP) alcanza a 3100 r.p.m.

- a) Graficar la curva potencia efectiva (break horse power) vs. r.p.m. del motor, si sus revoluciones en mínimo son 800 r.p.m., y determinar la potencia al torque máximo (usar escala de 0 hasta 6,500 r.p.m.)
- b) El vehículo consume alrededor de 59 km/galón de gasolina de Lima a Tacna (más o menos 1200 km.) ¿Cuántos tanques de gasolina de 95 octanos necesitará el auto aproximadamente, para completar la ruta?

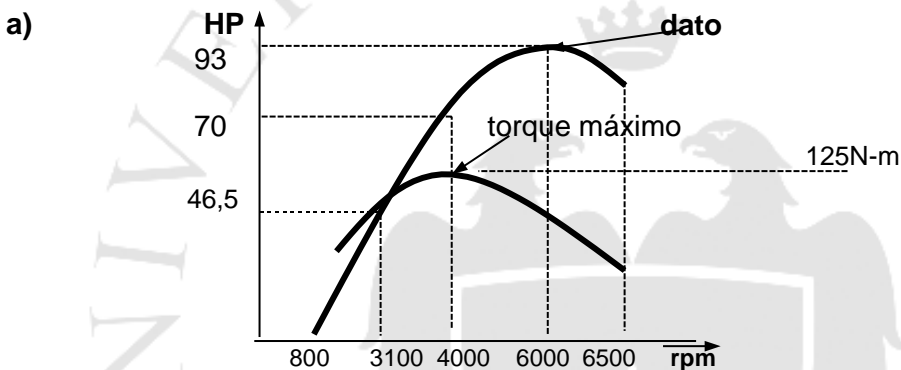
SOLUCION:

Torque máximo: 12,7 kg-m a 4000 r.p.m.

MITSUBISHI LANCER 1500 GLX.

Torque máximo = $T = 12,7 \text{ kg-m (125 N-m)}$ a 4000 rpm.

Pot = $T \times n = 12,7 \times 9,81 \text{ N-m} \times 2\pi \text{ rad/60 seg} \times 4000 = 52160 \text{ N-m / s} = 52,16 \text{ kW} = 70 \text{ HP}$ o 80 HP del gráfico.



b) Número de tanques: (dato: 1 tanque = 13,2 galones; rendimiento: 59 km/galón)

$$\begin{array}{l} 59 \text{ km} \text{ — } 1 \text{ galón} \\ x \text{ — } 13,2 \text{ galones} \end{array} \quad x = 778,8 \text{ km}$$

$$\begin{array}{l} 1 \text{ tanque} \text{ — } 778,8 \text{ km} \\ x \text{ — } 1200 \text{ km} \end{array} \quad x = 1,5 \text{ tanques} \cong 2 \text{ tanques.}$$

10.- El cuadro adjunto indica las especificaciones técnicas de los motores posibles de la camioneta Pick Up, modelo Toyota Hilux 4 x 2. ($n_1=1,31$; $n_2=1,21$) Determinar:

| Tipo | 4 cil. OHC | 4 cil. OHC |
|----------------------------|------------|------------|
| Capacidad motor cc. | 1998 | 2446 |
| Potencia (HP/rpm) | 92/5000 | 83/4200 |
| Torque máximo (Kgm/rpm) | 16,5/3400 | 16,5/2400 |
| Calibre y carrera | 86 x 86 | 92 x 92 |
| Válvulas | 8 | 8 |
| Relación de compresión a 1 | 9,0 | 22,2 |

- a) La potencia efectiva en HP del motor a gasolina a su torque máximo.
- b) El volumen muerto del motor diesel de cada cilindro (cm^3)

SOLUCION:

a) $P = 16,5 \text{ kgm} \times 9,81 \text{ N-m} \times 2\pi \text{ rad / 60 seg} \times 3400 \text{ rpm} = 57,63 \text{ kW} = 77 \text{ HP}$

b) $VC = 2446 / 4 = 611,5 \text{ cm}^3 / \text{cilindro}$; $r_c = 1+VC/VM$; $22,2 = 1+611,5/VM$; $VM = 28,84 \text{ cm}^3$

FICHA TECNICA

| | |
|-----------------------|------------------------------------|
| MARCA: | MITSUBISHI |
| MODELO: | LANCER 1500 GLX |
| Procedencia: | Japón |
| MOTOR | |
| Tipo | 4L/12 |
| Posición: | delantero transversal |
| Alimentación: | carburador |
| Cilindrada: | 1468cc |
| Régimen máximo: | 6500 rpm |
| Pot.máx: | 93 HP (72 kW) a 6000 rpm |
| Torque máx: | 12,7 kg.m (125 N.m) a 4000 rpm |
| Combustible: | gasolina 95 |
| TRANSMISIÓN | |
| Tipo/#velocidades: | mecánica/ 5 |
| Tracción: | delantera |
| SUSPENSIÓN | |
| Delantera: | McPherson con barra estabilizadora |
| Trasera: | multibrazo |
| FRENOS | |
| Sistema: | hidráulico |
| Delanteros/ Traseros: | discos ventilados/ tambores |
| DIMENSIONES | |
| Largo/ Ancho/ Altura: | 4290/ 1690/1410 mm |
| Distancia entre ejes: | 2500 mm |
| Peso (kg): | 980 (*1020) |
| Tanque de gasolina: | 50 lt/ 13,2 gal |
| Peso/ potencia: | 11,0 kg/HP (14,2 kg/kW) |
| Llantas: | Yokohama 175/ 70/ R13 |
| GARANTIA | 60 km o 24 meses |
| PRECIO | 23 300 dolares incl.. IGV |
| FUENTE: | Nippon Motors |

11.- Un motor RENAULT a gasolina con relación de compresión 8:1, desarrolla en la Costa 86 HP ($P_{atm} = 1 \text{ kg/cm}^2$ y temperatura = $15 \text{ }^\circ\text{C}$). Durante un viaje de prueba a Matucana la potencia disminuye. Las condiciones en Matucana son: $P_{atm} = 0,72 \text{ kg/cm}^2$ y $10 \text{ }^\circ\text{C}$.

- ¿A cuánto disminuye la potencia efectiva del motor en Matucana?
- Si se tratara de sobrealimentar el motor con ayuda de un compresor que sea accionado por el mismo motor y que ofrezca aproximadamente la misma potencia de la costa. ¿Qué presión manométrica de entrada y salida tendría el compresor en Matucana?

SOLUCION:

$$a) \frac{Pot_m}{Pot_{costa}} = \frac{P_m}{P_c} \frac{T_c}{T_m} ; \frac{Pot_m}{86} = \frac{0,72}{1} \frac{\sqrt{15 + 273}}{\sqrt{10 + 273}} ; Pot_m = 62,5 \text{ HP}$$

$$b) P_{entrada} = 0 ; P_{salida} = (1,00 - 0,72) \text{ kg/cm}^2 = 0,28 \text{ kg/cm}^2$$

Calderos

TABLA DE SATURACIÓN DEL VAPOR DE AGUA

| T (°C) | P (bar) | Entalpía (kJ/kg) | | | Entropía (kJ/kg-K) | | |
|--------|---------|------------------|----------|---------|--------------------|----------|-------|
| | | h_f | h_{fg} | h_g | s_f | s_{fg} | s_g |
| 0 | 0.006 | 0.01 | 2,501.3 | 2,501.4 | 0.000 | 9.156 | 9.156 |
| 5 | 0.009 | 20.98 | 2,489.6 | 2,510.6 | 0.076 | 8.950 | 9.026 |
| 10 | 0.012 | 42.01 | 2,477.7 | 2,519.8 | 0.151 | 8.750 | 8.901 |
| 15 | 0.017 | 62.99 | 2,465.9 | 2,528.9 | 0.225 | 8.557 | 8.781 |
| 20 | 0.023 | 83.96 | 2,454.1 | 2,538.1 | 0.297 | 8.371 | 8.667 |
| 25 | 0.032 | 104.89 | 2,442.3 | 2,547.2 | 0.367 | 8.191 | 8.558 |
| 30 | 0.042 | 125.79 | 2,430.5 | 2,556.3 | 0.437 | 8.016 | 8.453 |
| 35 | 0.056 | 146.68 | 2,418.6 | 2,565.3 | 0.503 | 7.848 | 8.353 |
| 40 | 0.074 | 167.57 | 2,406.7 | 2,574.3 | 0.573 | 7.685 | 8.257 |
| 45 | 0.096 | 188.45 | 2,394.8 | 2,583.2 | 0.639 | 7.526 | 8.165 |
| 50 | 0.123 | 209.33 | 2,382.7 | 2,592.1 | 0.704 | 7.373 | 8.076 |
| 55 | 0.16 | 230.23 | 2,370.7 | 2,600.9 | 0.768 | 7.223 | 7.991 |
| 60 | 0.20 | 251.13 | 2,358.5 | 2,609.6 | 0.831 | 7.078 | 7.910 |
| 65 | 0.25 | 272.06 | 2,346.2 | 2,618.3 | 0.894 | 6.938 | 7.831 |
| 70 | 0.31 | 292.98 | 2,333.8 | 2,626.8 | 0.955 | 6.800 | 7.755 |
| 75 | 0.39 | 313.93 | 2,321.4 | 2,635.3 | 1.016 | 6.667 | 7.682 |
| 80 | 0.47 | 334.91 | 2,308.8 | 2,643.7 | 1.075 | 6.537 | 7.612 |
| 85 | 0.58 | 355.90 | 2,296.0 | 2,651.9 | 1.134 | 6.410 | 7.545 |
| 90 | 0.70 | 376.92 | 2,283.2 | 2,660.1 | 1.193 | 6.287 | 7.479 |
| 95 | 0.85 | 397.96 | 2,270.2 | 2,668.1 | 1.250 | 6.166 | 7.416 |
| 100 | 1.0 | 419.04 | 2,257.0 | 2,676.1 | 1.307 | 6.048 | 7.355 |
| 120 | 2.0 | 503.71 | 2,202.6 | 2,706.3 | 1.528 | 5.602 | 7.130 |
| 140 | 3.6 | 589.13 | 2,144.7 | 2,733.9 | 1.739 | 5.191 | 6.930 |
| 160 | 6.2 | 675.55 | 2,082.6 | 2,758.1 | 1.943 | 4.808 | 6.750 |
| 180 | 10.0 | 763.22 | 2,015.0 | 2,778.2 | 2.140 | 4.446 | 6.586 |
| 200 | 15.5 | 852.45 | 1,940.7 | 2,793.2 | 2.331 | 4.101 | 6.432 |
| 220 | 23.2 | 943.62 | 1,858.5 | 2,802.1 | 2.518 | 3.768 | 6.286 |
| 240 | 33.4 | 1,037.32 | 1,766.5 | 2,803.8 | 2.702 | 3.442 | 6.144 |
| 260 | 46.9 | 1,134.37 | 1,662.5 | 2,796.9 | 2.884 | 3.118 | 6.002 |
| 280 | 64.1 | 1,235.99 | 1,543.6 | 2,779.6 | 3.067 | 2.790 | 5.857 |
| 300 | 85.8 | 1,344.00 | 1,404.9 | 2,749.0 | 3.253 | 2.451 | 5.705 |
| 330 | 128.5 | 1,525.30 | 1,140.6 | 2,665.9 | 3.551 | 1.891 | 5.442 |
| 360 | 186.5 | 1,760.50 | 720.5 | 2,481.0 | 3.915 | 1.138 | 5.053 |
| 374 | 220.9 | 2,099.30 | 0.0 | 2,099.3 | 4.430 | 0.000 | 4.430 |

Calor específico del agua:

1bar (0 a 100°C) $C_e=4,18$ kJ/kg.K

5bar (150°C) $C_e=4,31$ kJ/kg.K

10bar (180°C) $C_e=4,41$ kJ/kg.K

12bar (200°C) $C_e=4,48$ kJ/kg.K

Calor específico del vapor 10bar (180°C):

$C_e=2,4$ kJ/kg.K



EJERCICIOS DE MAQUINAS DE VAPOR

1 boiler horse power=1 BHP= 13,15 HP= 9,8 kW

1.- ¿Cuál es la potencia requerida de una hornilla eléctrica para evaporar agua fría a 20°C; a 1 bar de presión, en una olla con 20 kg. De agua; en 50 minutos?

$$CL_{100^{\circ}\text{C}}=2257 \text{ kJ/Kg} \quad C_{\text{Fusión}0^{\circ}\text{C}}=334,4 \text{ kJ/Kg} \quad C_{\text{eH}_2\text{O(V)}}=2,02 \text{ kJ/Kg-K}$$

$$C_{\text{eH}_2\text{O(L)}}=4,18 \text{ kJ/Kg-k} \quad C_{\text{eH}_2\text{O(HIELO)}}=2,09 \text{ kJ/Kg-K}$$

Solución

$$Q = Q_{\text{sensible}} + Q_{\text{latente}}$$

$$Q = mx C_e \Delta T + mx CL = \frac{20 \text{ kg}}{50 \times 60 \text{ s}} \times 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.k}} \times (100 - 20) \text{ k} + \frac{20 \text{ kg}}{50 \times 60 \text{ s}} \times 2257 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}}$$

$$Q = 2,23 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} + 15,05 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 17,28 \text{ kW}$$

Nota:

$$Pot(\text{BHP}) = \frac{m_v \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right)}{34,5}$$

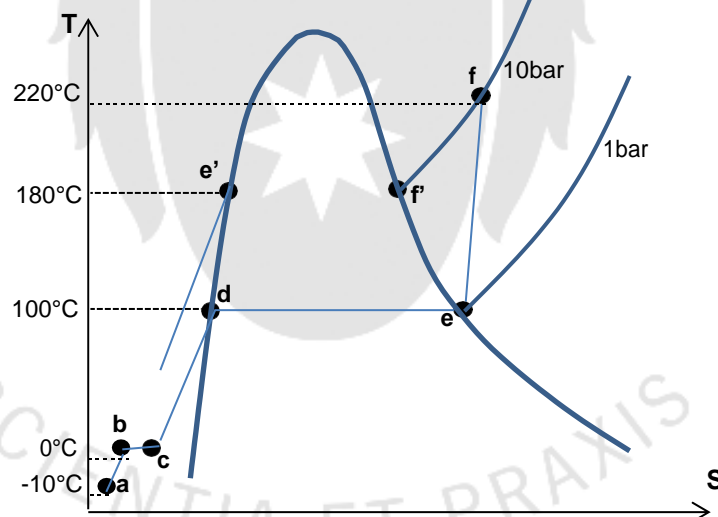
$$Pot(\text{BHP}) = \frac{m_v \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right)}{15,68}$$

2.- ¿Cuál es la potencia estimada que debe entregar una hornilla a gas GLP; para poder obtener vapor sobrecalentado a 220°C (10 bar absoluto), en 30 minutos; usando una olla de alta presión, y partiendo de una masa de 5 kg de hielo a -10°C(1 atm)?

$$CL_{100^{\circ}\text{C}}=2257 \text{ kJ/Kg} \quad C_{\text{Fusión}0^{\circ}\text{C}}=334,4 \text{ kJ/Kg} \quad C_{\text{eH}_2\text{O(V)}}=2,02 \text{ kJ/Kg}$$

$$C_{\text{eH}_2\text{O(L)}}=4,18 \text{ kJ/Kg} \quad C_{\text{eH}_2\text{O(HIELO)}}=2,09 \text{ kJ/Kg}$$

Solución



$$Q = Q_{\text{Sab(s)}} + Q_{\text{Ibc(s)}} + Q_{\text{Scd(l)}} + Q_{\text{Ide(l)}} + Q_{\text{Sef(vsc)}}$$

$$Q = \frac{5 \text{ kg}}{30 \times 60 \text{ s}} \left[2,09 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.k}} \times 10 \text{ k} + 334,4 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}} + 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg k}} \times 100 \text{ k} + 2257 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}} + 2,02 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg k}} \times 120 \text{ k} \right]$$

$$Q = 2,78 \times 10^{-3} \left[20,9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 334,4 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}} + 418 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}} + 2257 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}} + 242,4 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}} \right] \frac{1}{\text{Kg}}$$

$$Q = 0,06 \text{ kW} + 0,93 \text{ kW} + 1,16 \text{ kW} + 6,27 \text{ kW} + 0,67 \text{ kW} = \mathbf{9,09 \text{ kW}}$$

,0

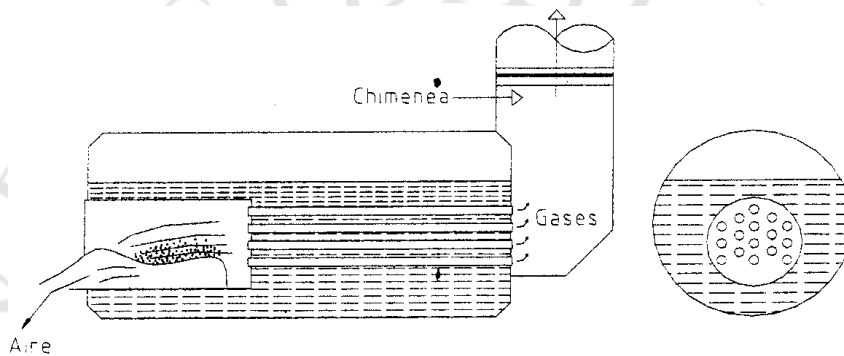
$$Q = 2,78 \times 10^{-3} \left[20,9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 334,4 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}} + 4,41 \times 18 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}} + 2015 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}} + 2,4 \times 40 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}} \right] \text{ y } \mathbf{9,06 \text{ kW}}$$

3.- El caldero pirotubular de la figura tiene una presión de diseño de 135 psi (9 bar manométrica, 10 bar absolutos), y un flujo de vapor de 690 lb/h. El caldero es de un solo tiro, 6 mts. de largo. El tubo de fuego tiene una longitud de 2,5 mts. y un diámetro exterior de 26" (wall 0,375"). El haz de tubos es de 2" de diámetro nominal Schedule 40 (outside diameter 2,375", wall 0,154"). La potencia del caldero es de 20 BHP. (haz de tubos: 32 tubos)

- Calcular la superficie aproximada de transferencia de calor del caldero, en metros cuadrados.
- ¿Hasta qué temperatura aproximada en °C, puede llegar el agua del caldero?
- Tarea: Hallar el tiempo que necesitan inicialmente los 1,2 m³ de agua, para llegar a 100°C (a 1 atm). Temperatura ambiente 20°C.

Calor específico de sólido, líquido y vapor.

$$ce(s)=2,09 \text{ kJ/kg.K}; ce(l)=4,18 \text{ kJ/kg.K}; ce(v)=2,02 \text{ kJ/kg.K}; \mathbf{1BHP=9,8kJ/s}$$



SOLUCION:

a)

$$A_c = 2,5 \text{ m} \times \pi \times 25,625 \text{ pulg} \times \frac{25,4 \text{ mm}}{1 \text{ pulg}} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \quad (N = 32 \text{ tubos})$$

$$+ 3,5 \times \pi \times 2,221 \text{ pulg} \times \frac{0,0254 \text{ m}}{1 \text{ pulg}} \times N = 5,11 + 0,62 \times 32 = \mathbf{25 \text{ mts}^2}$$

b) 10 bar \longrightarrow $T \approx \mathbf{180 \text{ }^\circ\text{C}}$ (tablas de vapor)

$$c) 20\text{BHP} = m^*_{v} \cdot ce \cdot \Delta T = (\rho \cdot V / t) \cdot ce \cdot \Delta T$$

$$20(9,8\text{kJ/s}) = (1\text{kg/l}) \cdot (1,2 \cdot 10^3 \text{ lt} / t) \cdot 4,18\text{kJ}/(\text{kg.K}) \cdot (100-20)\text{K}$$

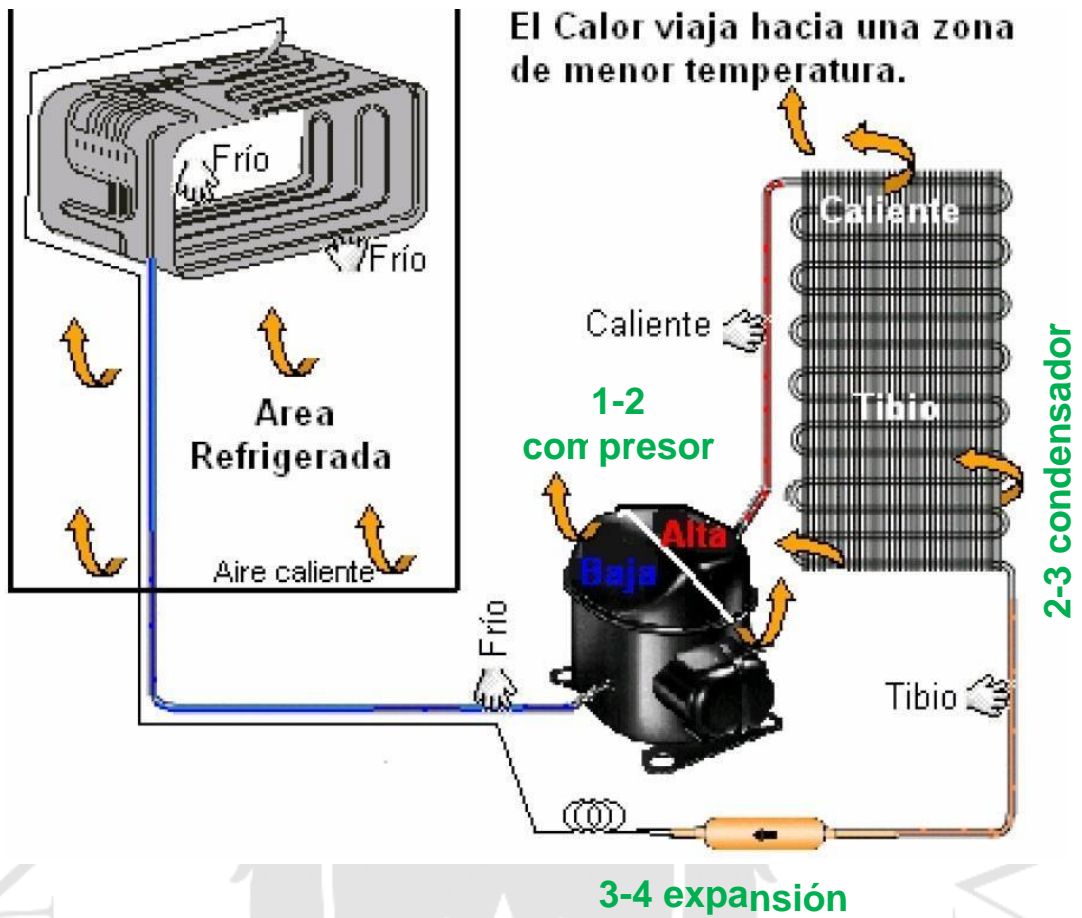
$$\text{Luego: } t = 2046\text{s} = 34,1\text{min}$$

**O.-FUNDAMENTOS DE REFRIGERACION Y
AIRE ACONDICIONADO**

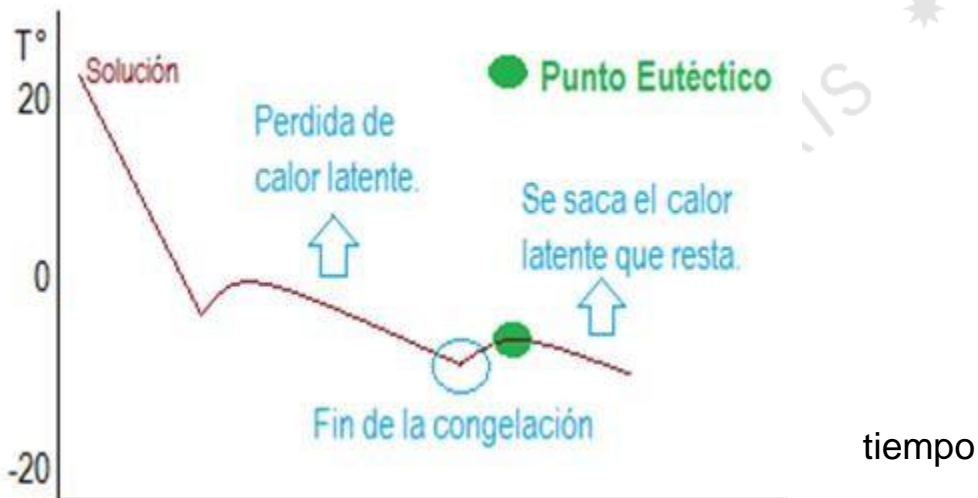


Refrigeración

4-1 evaporador



Congelamiento para alimentos



EJERCICIOS DE REFRIGERACION

1.- Se diseña un sistema de refrigeración para la sección de productos perecibles de alta rotación de un establecimiento comercial. La capacidad de refrigeración (Efecto frigorífico o potencia de refrigeración) es 1 tonelada de refrigeración, y la temperatura de los productos almacenados deben estar en promedio en -6°C . Para tal fin se emplea una cámara de refrigeración que opera con presión de línea alta de 9 bar absoluto y presión de línea baja de 1,6 bar absoluto. Se usa el refrigerante HFC-134a para el sistema.

- Representar en el diagrama Presión-Entalpía adjunto, el ciclo de refrigeración por compresión de vapor, asumiendo compresión politrópica del refrigerante con un exponente politrópico 1,2. Indicando las entalpías específicas (kJ/kg) en cada estado, y las temperaturas en el condensador y el evaporador.
- Calcular el COP para el sistema, examinar si está en el rango de referencia, y determinar el flujo másico del refrigerante (kg/s).

SOLUCION:

Del diagrama del refrigerante HFC – 134a :

a) $P_{\text{baja}} = 1,6 \text{ bar abs}$; $T_1 = -15^{\circ}\text{C}$; $P_{\text{alta}} = 9,0 \text{ bar abs}$; $T_3 = 35^{\circ}\text{C}$

$$T_2 = (-15 + 273) (9/1,6)^{1,2-1/1,2} = 346^{\circ}\text{K} = 73^{\circ}\text{C} \quad (1 \text{ ton} = 3,52 \text{ kw})$$

$P_{\text{alta}} = 9,0 \text{ bar abs}$; $T_2 = 73^{\circ}\text{C}$; Luego: $h_1 = 388 \text{ KJ/Kg}$; $h_2 = 456 \text{ KJ/kg}$; $h_3 = h_4 = 248 \text{ KJ/kg}$

$$\text{b) COP} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{388 - 248}{456 - 388} = 2,1 \text{ (si está en el rango)}$$

$$Q_{\text{EVAPORADOR}} = m_{\text{refrig}} (h_1 - h_4) = m (388 - 248) \text{ KJ/kg} = 3,52 \text{ KJ/seg} ; m = 0,025 \text{ kg/seg}$$

2.- Un camión frigorífico hace un servicio de transporte de especies biológicas finas entre Talara (Temperatura promedio $15 - 35^{\circ}\text{C}$) y Lima (Temperatura promedio: $13 - 25^{\circ}\text{C}$) La capacidad de refrigeración es 1 Ton (T.R.)

Datos:

| <u>Unidad</u> | <u>Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)</u> | <u>Presión (bar abs)</u> |
|---------------|--|--------------------------|
| Condensador | 32 | 8 |
| Evaporador | -15 | 1,6 |
| Compresor | 50 (salida) | --- |

- Explicar si las especificaciones de operación frigorífica del camión son suficientes para el servicio planteado.
- Determinar el COP aproximado en Lima.

SOLUCION:

a) Tiene problemas en la zona de Talara de 32°C hacia arriba.

(debe ser: $T_{\text{CONDENSADOR}} > T_{\text{AMB}} + 5^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{EVAPORADOR}} < T_{\text{AMB}} - 5^{\circ}\text{C}$)

$$\text{b) COP} = (h_1 - h_4) / (h_2 - h_1) = (390 - 242) / (435 - 390) = 148 / 45 \approx 3,3$$

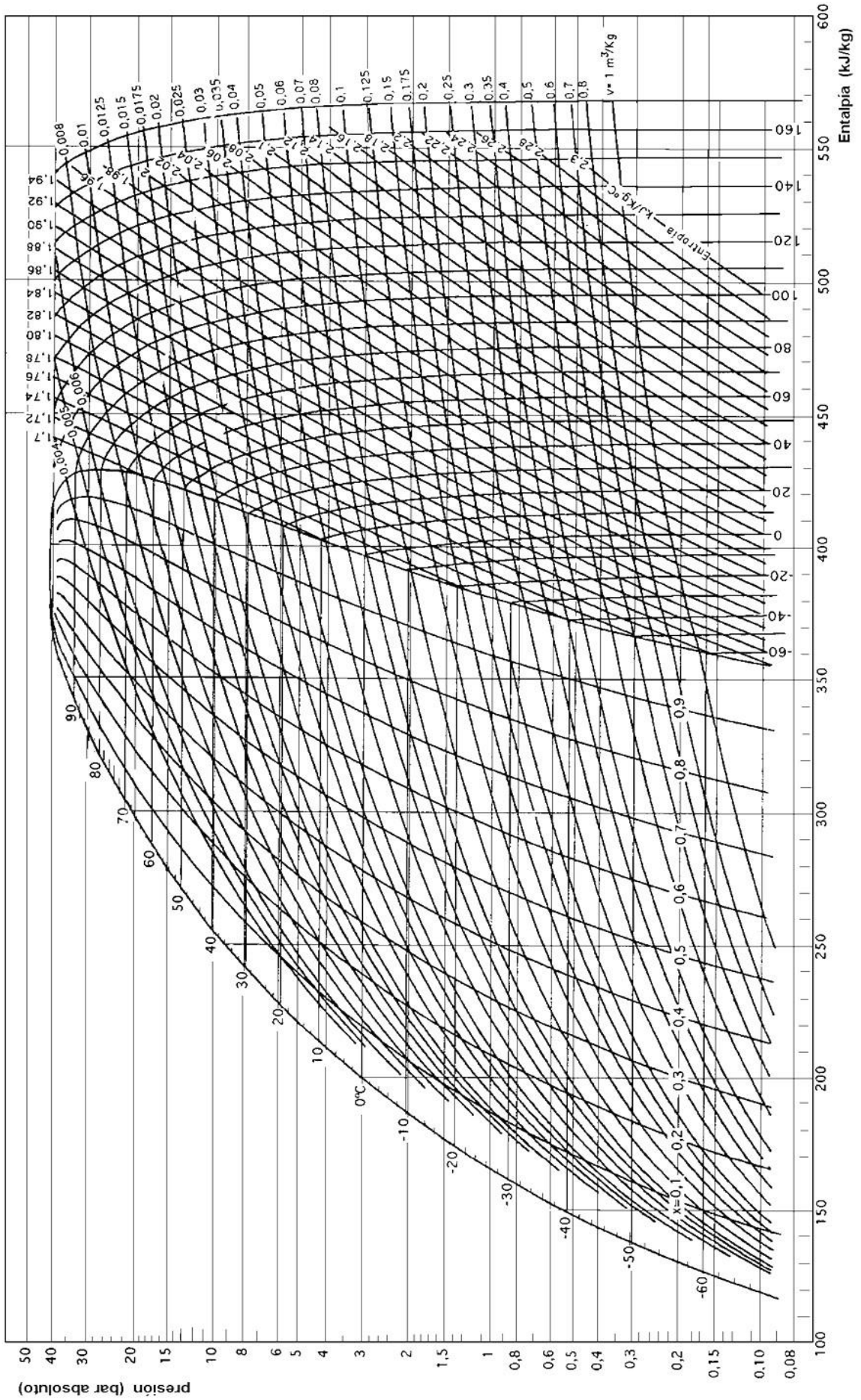
3.- En el Laboratorio de Docimasia de la Universidad de Lima se emplea un refrigerador para conservar muestras de agua, para posterior determinación de la DBO₅ (Demanda Biológica de Oxígeno) como parte del servicio de análisis de agua para fines industriales. La capacidad de refrigeración es 0,10 TON (1Tonelada de Refrigeración = 3,52 kW) y se emplea el refrigerante SUVA HFC-134a . El refrigerante ingresa al compresor a la temperatura de -10°C y sale a 50°C. Considerar que el compresor opera a condiciones de entropía constante.

- Calcular el flujo másico del refrigerante empleado, en kg/h (1 p.)
- Determinar el COP del refrigerador, indicando si está en el rango de uso práctico. (1 p.)
- Calcular la potencia del compresor, en HP . (1 p.)
- Determinar la caída de presión en la válvula de expansión, en MPa (1 p.)
- Verificar si el refrigerador puede manejar 10 litros de muestras de agua que deben ser enfriadas desde 20°C hasta 5°C en el plazo máximo de una hora. Datos para el agua: densidad = 1kg/lit ; capacidad calorífica = 4,2 kJ/kg K (1 p.)
- Si la válvula de expansión se sustituye por un tubo capilar de adecuada longitud, indicar la caída de presión en el tubo, en bar . (1 p.)
- Hallar la temperatura a la salida del compresor y el coeficiente de performance COP, si el proceso es real, con exponente politrópico para el gas refrigerante de 1,21

SOLUCION:

- $q_{EVAP} = m_R(h_1 - h_4) = 0,10 \times 3,52 = 0,352 \text{ kJ/seg ;}$
 $0,10 \text{ Ton} \times 3,52 \text{ kJ/seg/Ton} = m_R (392 - 260) \rightarrow m_R = 2,67 \times 10^{-3} \text{ kg/seg} = 9,6 \text{ kg/h}$
- $COP = (h_1 - h_4) / (h_2 - h_1) = (392 - 260) / (428 - 392) = 3,7 \dots \text{ OK}$
- $W_{COMP} = m_R(h_2 - h_1) = 2,67 \times 10^{-3} \text{ kg/seg}(428 - 392)\text{kJ/kg} = 0,09612 \text{ kW} \times 1,34 \text{ HP/kW}$
 $W_{COMP} = 0,129 \text{ HP} \approx 1/8 \text{ HP}$
- $\Delta P_{VALV} = (P_4 - P_3) = 2 - 11 = 9 \text{ bar} \approx 0,9 \text{ MPa}$
- $q_{EXTRAIDO \text{ muestras}} = V \times \rho \times Cap(T_F - T_i) = 10 \text{ lt} \times 1\text{kg/lt} \times 4,2\text{kJ/kg}^\circ\text{K} (20 - 5)^\circ\text{K} = 630 \text{ kJ ;}$
 $q_{EXTRAIDO \text{ por hora}} = q = 630\text{kJ}/3600\text{seg} \approx 0,175 \text{ kJ/seg ;}$
 por lo tanto $q_{MUESTRAS} (0,175\text{kJ/seg}) < q_{EVAP} (0,352\text{kJ/seg}) \rightarrow \text{es conforme.}$
- $\Delta P_{TUBO} = (P_4 - P_3) = 2 - 11 = 9 \text{ bar}$
- Tarea

Diagrama presión entalpía del refrigerante R-134 a

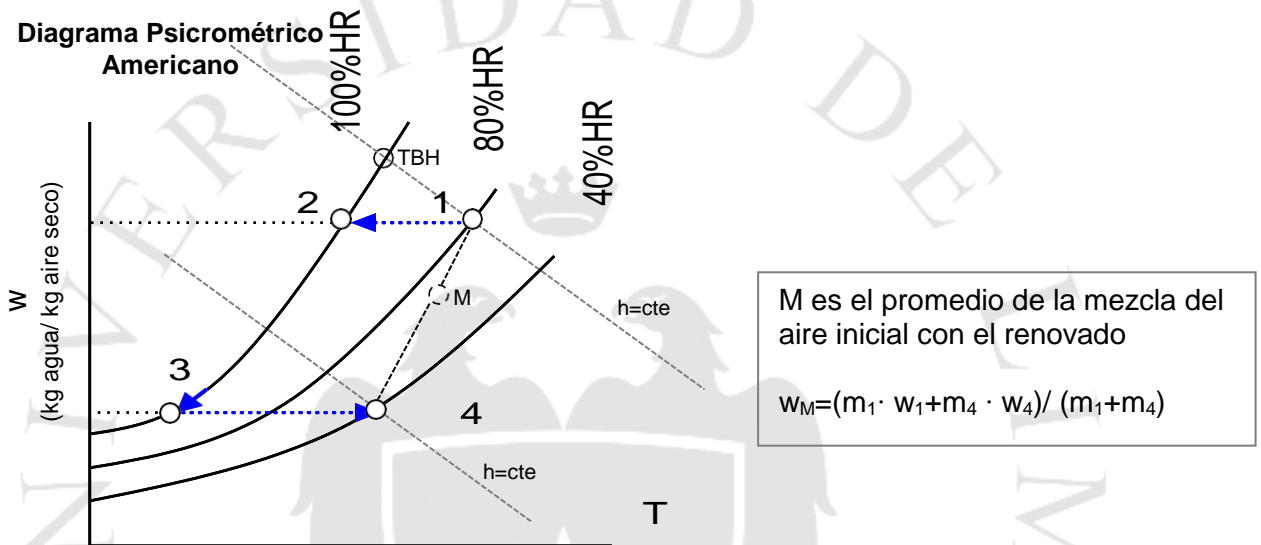


EJERCICIOS DE AIRE ACONDICIONADO

SENSACIÓN DE CONFORT

| | | |
|-----------------------|-------------------------------------|-----------|
| Factores importantes: | - Temperatura del aire | 17 – 22°C |
| | - Humedad relativa del aire | 30 – 60 % |
| | - Velocidad de circulación del aire | 0,28 m/s |

- Operaciones:
- Aspiración del aire de todos los ambientes por cañerías (extractores)
 - Calentamiento o enfriamiento del aire, según su temperatura.
 - Humidificación o deshumidificación, según su humedad.
 - Circulación y vuelta a los recintos por otras cañerías.



- 1.- Se tiene una sala de 3 x 8 x 10 m. El medio ambiente tiene inicialmente 80 % de humedad y 27°C, y se desea acondicionar a 35 % de humedad relativa y 20°C. Hallar:
- la cantidad de agua que se debe condensar del aire de la sala (kg agua)
 - el flujo de condensado, renovando el aire cada media hora (gr agua/min)
 - la humedad relativa aproximada del aire de la sala y su temperatura, luego de 10 minutos de operación del sistema de aire acondicionado, en que se ha podido renovar la tercera parte del aire.

Solución: $w_1 = 0,018$ kg ag/kg as ; $T_1 = 27^\circ\text{C} = \text{TBS}$
 Enfriar ($w_1 = w_2$) $w_2 = 0,018$ HR₂ = 100 % $T_2 = T_{\text{PR}} = 23^\circ\text{C}$ TBH = 24°C
 Calentar $T_4 = 20^\circ\text{C}$; HR₄ = 35 % ; $w_3 = w_4 = 0,005$ kg ag /kg as

a) $\Delta w = w_2 - w_3 = 0,018 - 0,005 = 0,013$ kg ag /kg as = 14,0 gr ag /kg as

Masa de aire: $m = \rho_{\text{aire}} \cdot V_{\text{aire}} = 1,1 \text{ kg/m}^3 \cdot 240 \text{ m}^3 = 264 \text{ kg as}$

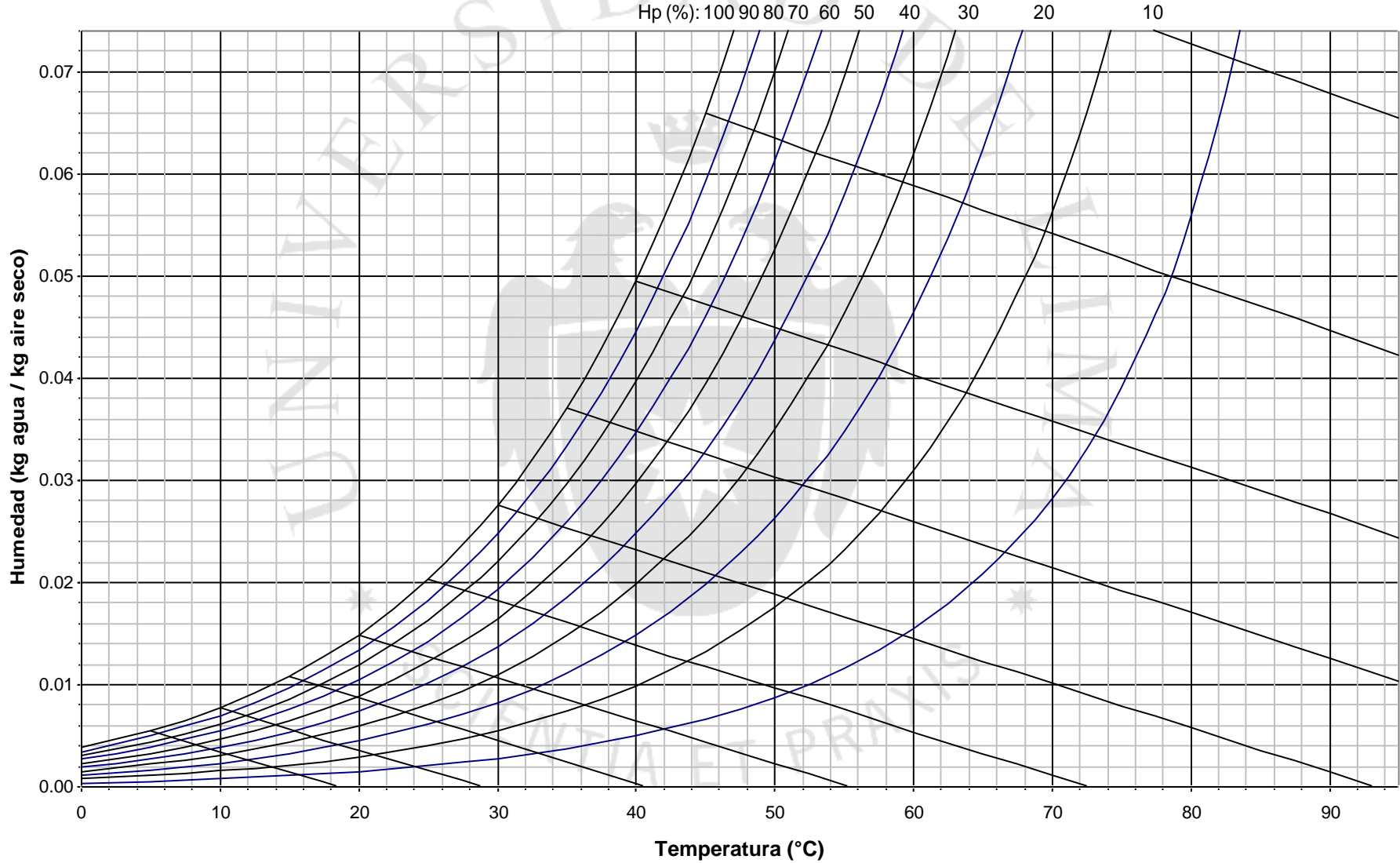
$m_{\text{agua}} = m \cdot \Delta w = 264 \text{ kg as} \times 13,0 \text{ gr ag /kg} = \mathbf{3,4 \text{ kg agua}}$

b) Renovando en media hora: $m_{\text{agua}}^* = \frac{3,4 \text{ kg agua}}{30 \text{ min}} \times \frac{1000 \text{ gr agua}}{1 \text{ kg}}$; $m_{\text{agua}}^* \approx 114 \text{ gr agua/min}$

c) $w_m = (0,67 \times 264 \times 0,018 + 0,33 \times 264 \times 0,005) / 264 = 0,014$ kg ag /kg as

De diagrama psicrométrico: humedad relativa y 70%; T_M y 24°C

Diagrama Psicrométrico aire-vapor de agua a 1 bar



2.- En un laboratorio de control de calidad de hilos se requiere un ambiente de trabajo a 20°C y HR de 40% .Las dimensiones del ambiente son 3m x 10m x 30m . Para tal fin se ha instalado un sistema de acondicionamiento de aire, con una frecuencia de renovación total de aire de 4 veces por hora. El ambiente exterior está a 30°C y HR de 80% .El sistema cuenta a su vez con un sistema de enfriamiento incorporado, que opera con una temperatura de 5 °C en el evaporador. La capacidad de refrigeración o efecto refrigerante del sistema de enfriamiento dependerá del calor extraído del aire al pasar por el evaporador y se determina a razón de 50 kJ/kg_{AireSeco} .

- Calcular el flujo de agua extraída y el flujo de aire procesado en kg/s .
- Determinar el flujo de calor extraído del aire en kJ/s (Efecto refrigerante).
- Indicar en el condensador la temperatura de condensado y su presión.
- Calcular el flujo másico de refrigerante HFC-134a a emplear, en kg/s .

Datos : Densidad de aire = 1,1 kg/m³ ; T_{Ambiente}= 30°C ; P_{Ambiente}= 1bar

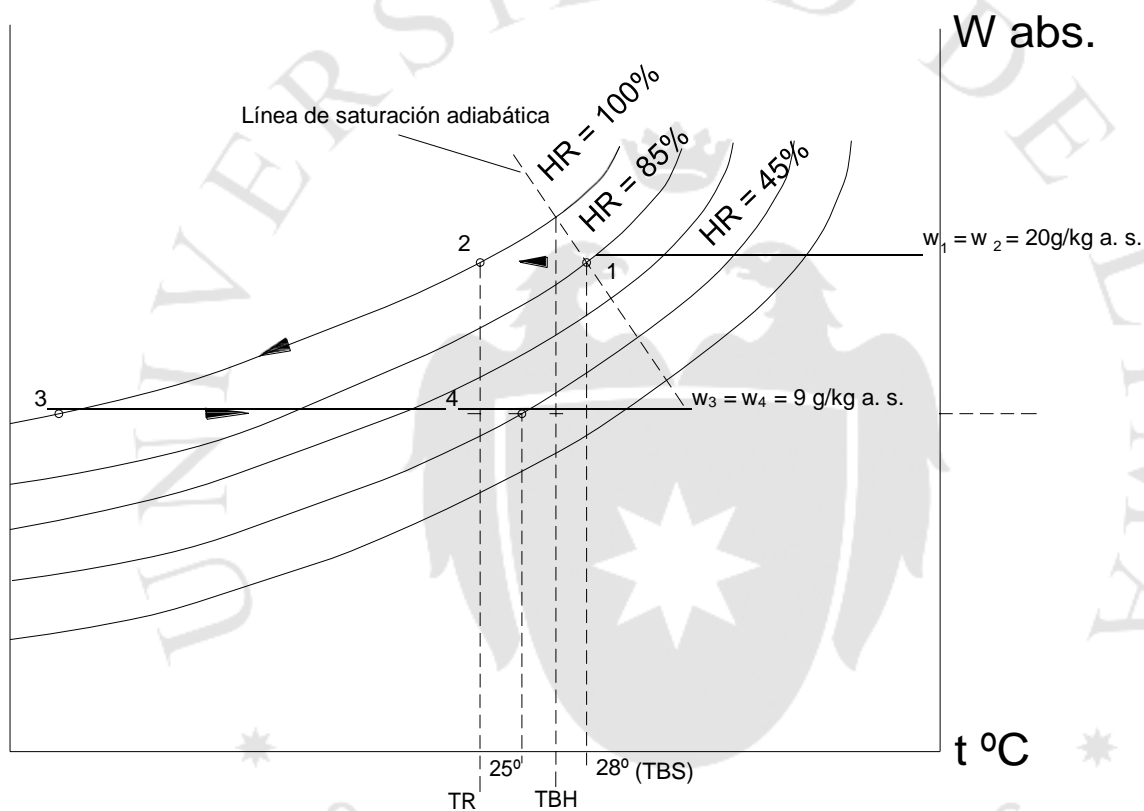
Solución:

- $\Delta W = (0,021 - 0,006) = 0,015 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{kg A.S.} ;$
 $m_{AS} = \rho V = 1,1 \text{ kg} / \text{m}^3 (3 \times 10 \times 30) \text{ m}^3 = 990 \text{ kg A.S.}$
 $m_{AGUA} = 0,015 \text{ kg agua} / \text{kg A.S.} \times 990 \cong \mathbf{15 \text{ kg agua}}$
 $t_{CICLO} = 15 \text{ min} = 900 \text{ seg.}$
 $m_{AGUA} = 15 \text{ kg} / 900 \text{ seg} = 0,017 \text{ kg agua} / \text{seg}$
 $m_{AS} = 990 \text{ kg} / 900 \text{ seg} = \mathbf{1,1 \text{ kg A.S.} / \text{seg}}$
- como $\Delta h = 50 \text{ kJ/kg A.S.}$
 $q_{EVAPORADOR} = 50 \text{ kJ/kg A.S.} \times 1,1 \text{ kg A.S.} / \text{seg} = \mathbf{55 \text{ kJ} / \text{seg}}$
- $T_{COND} = T_{AMB} + 5 = 30 + 5 = \mathbf{35 \text{ }^\circ\text{C}} ; P_{COND} = \mathbf{9 \text{ bar}}$
- $q_{EVAPORADOR} = 55 \text{ kJ} / \text{seg} = m_{REFRIG} (h_1 - h_4) = m_{REFRIG} (400 - 256)$
 $m_{REFRIG} = \mathbf{0,38 \text{ kg} / \text{seg}}$

3.- En el sótano de un lujoso hotel ubicado en el centro de Miraflores se encuentra un casino de juegos que mide 25 m x 15 m x 3,0 m. Durante los meses de Enero a Marzo la temperatura del recinto se encuentra en 28 °C con una humedad relativa de 85%. Se requiere dotar de un equipo de aire acondicionado que permita obtener una temperatura de 25 °C y una humedad relativa del 45%. El aire debe renovarse completamente 2 veces durante una hora. (densidad del aire seco = 1,1 kg/m³)

- Mediante un esquema psicrométrico describa la operación a realizarse
- Calcular la cantidad de agua extraída durante un ciclo de operación.

SOLUCION:



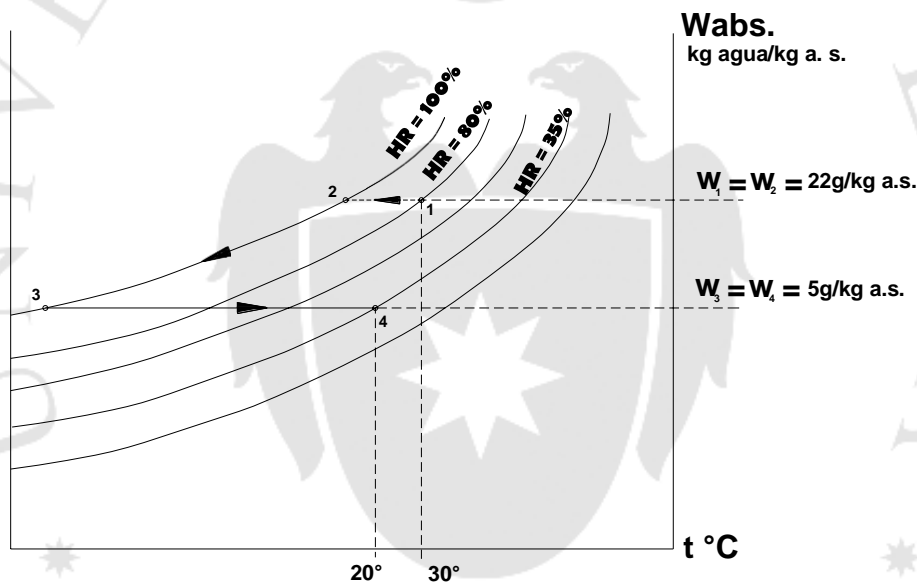
- $w_1 = w_2 = 20 \text{ g/kg aire seco}; w_3 = w_4 = 9 \text{ g/kg aire seco}$
 $m_{\text{aire seco}} = \rho_{\text{aire seco}} \times V_{\text{aire seco}}; m_{\text{agua}} = m_{\text{aire seco}} \times \Delta w$
 $\Delta w = (20 - 9) = 11 \text{ g/kg aire seco. } m_{\text{aire seco}} = 1,1 \text{ kg/m}^3 (25 \times 15 \times 3) \text{ m}^3 = 1237,5 \text{ kg}$
 $M_{\text{agua}} = 127,5 \text{ kg aire seco} \times 11 \text{ g/kg aire seco} = \mathbf{13612,5 \text{ gramos}}$

4.- Para un vehículo TOYOTA Coaster de la Universidad de Lima de 30 pasajeros y con un volumen de espacio interior de 20 m^3 se ha adquirido un equipo de acondicionamiento de aire para mejorar el confort de los alumnos, conductor y profesor cuando se realicen visitas industriales fuera de la ciudad.

- Representar en un diagrama psicrométrico las etapas básicas de acondicionamiento de aire.
- Calcular el flujo de agua extraída en gramos/min durante el acondicionamiento. Considerar condiciones promedio del medio ambiente $30 \text{ }^\circ\text{C}$ y 80% de humedad relativa. En el interior del vehículo deberá tenerse $20 \text{ }^\circ\text{C}$ y 35% de humedad relativa; renovándose todo el aire 2 veces por hora durante el trayecto. (densidad del aire seco promedio = $1,1 \text{ kg/m}^3$)

SOLUCION:

a)



b) condensado = $\Delta w = 22 - 5 = 17 \text{ g/kg aire seco}$

masa de agua extraída = $V_{\text{aire seco}} \times \rho_{\text{aire seco}} \times \Delta w = 20 \text{ m}^3 \times 1,1 \text{ kg}_{\text{aire seco}}/\text{m}^3 \times 17 \text{ g/kg}_{\text{aire seco}} = 374 \text{ g de agua} \times 2 \text{ renovaciones de aire} = 748 \text{ g de agua extraída} ; 748 \text{ g}/60 \text{ min} = 12,5 \text{ g/min}$

