

Curvas de Aprendizaje

Unidad 5



Contenido



- 1 Antecedentes
- 2 Tipos de aprendizaje
- 3 Campo de aplicación
- 4 ¿Qué es curva de aprendizaje?
- 5 Factores que definen la inclinación de la curva de aprendizaje
- 6 Factores que afectan la curva de aprendizaje
- 7 Métodos de aplicación
- 8 Tabla del coeficiente
- 9 Ejemplo de clase

Objetivos del Aprendizaje

Que el estudiante:

Conozca que es una curva de aprendizaje

Aprenda cómo calcular la curva de aprendizaje y deduzca sus efectos

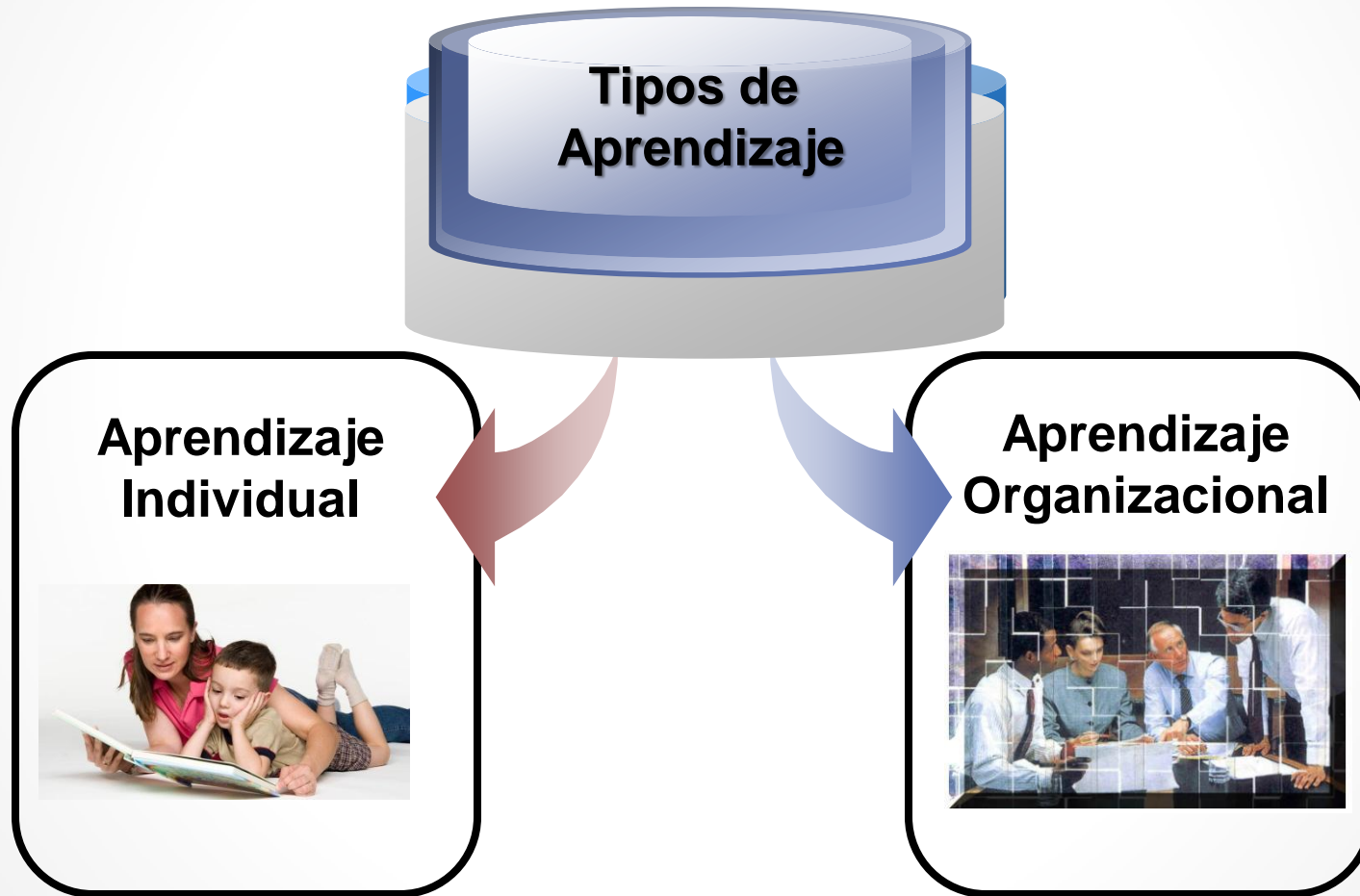
Determine la importancia de la aplicación de las curvas de aprendizaje

Establezca las implicaciones estratégicas de las curvas de aprendizaje

Antecedentes

- Históricamente el concepto de curva de aprendizaje proviene de Hermann Ebbinghaus, quien en 1885 utilizó por vez primera ese término en su monografía "*Über das Gedächtnis*" (*Sobre el olvido*).
- La primera definición para el uso en la gestión empresarial fue realizada por Theodore Paul Wright en 1936.

Tipos de Aprendizaje



Aprendizaje individual

- Es la mejora que se obtiene cuando las personas repiten un proceso y adquieren habilidad, eficiencia o practicidad a partir de su propia experiencia.

Depende de:

- Selección correcta de los trabajadores
- Capacitación adecuada
- Motivación
- Especialización del trabajo



Ejemplo de aprendizaje individual



Pensemos en un administrativo que debe realizar una serie de trámites ante organismos públicos:

- La primera vez desconocerá los lugares específicos donde deben presentarse y la forma de presentación para los casos especiales.
- Luego con el paso del tiempo, y en la medida en que realice de forma consecutiva más trámites, su capacidad de realizar las tareas aumentará haciendo más rápido dichos procesos.
- ¿Qué ocurre si las tareas no se efectúan en forma consecutiva? Pues bien, estará sometido a cierto nivel de desaprendizaje producto del olvido.

Aprendizaje Organizacional

- Depende del aprendizaje individual de los elementos de la organización.
- Adicionalmente requiere conocimientos sobre su tecnología, su estructura y sus procedimientos operativos.



Campo de Aplicación



- Fija estándares de mano de obra.
- Establece los costos de mano de obra y los presupuestos.
- Programación.



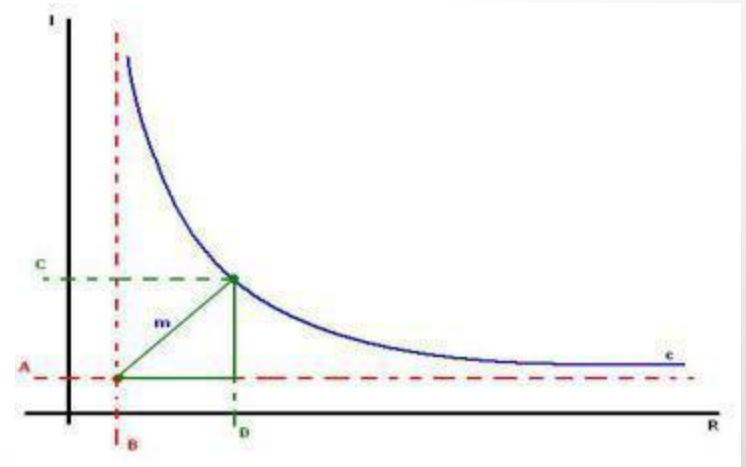
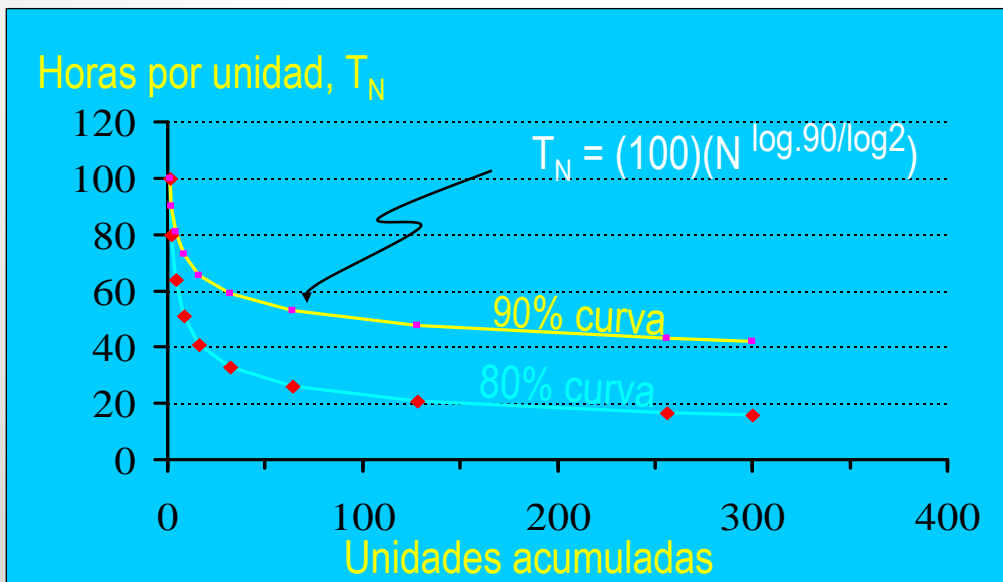
- Compra.
- Subcontratación



- Determina los cambios volumen-costo
- Evaluación de la actuación de la compañía y de la industria.

¿QUÉ ES UNA CURVA DE APRENDIZAJE?

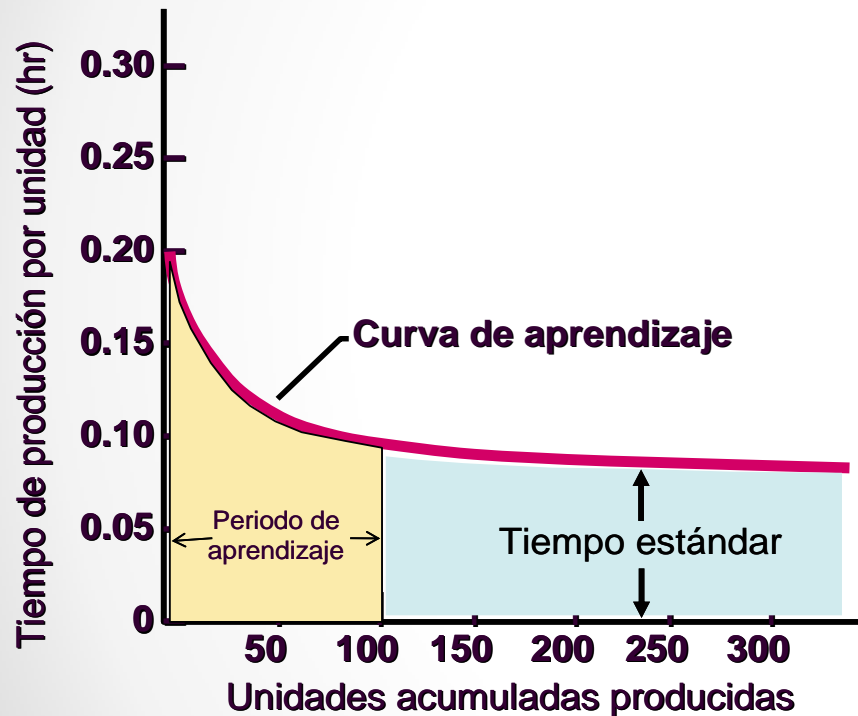
- Una curva de aprendizaje, es una **línea que muestra la relación existente entre el tiempo (o costo) de producción por unidad y el número de unidades de producción consecutivas.**
- Una **curva de aprendizaje** describe el grado de éxito obtenido durante el aprendizaje en el transcurso del tiempo



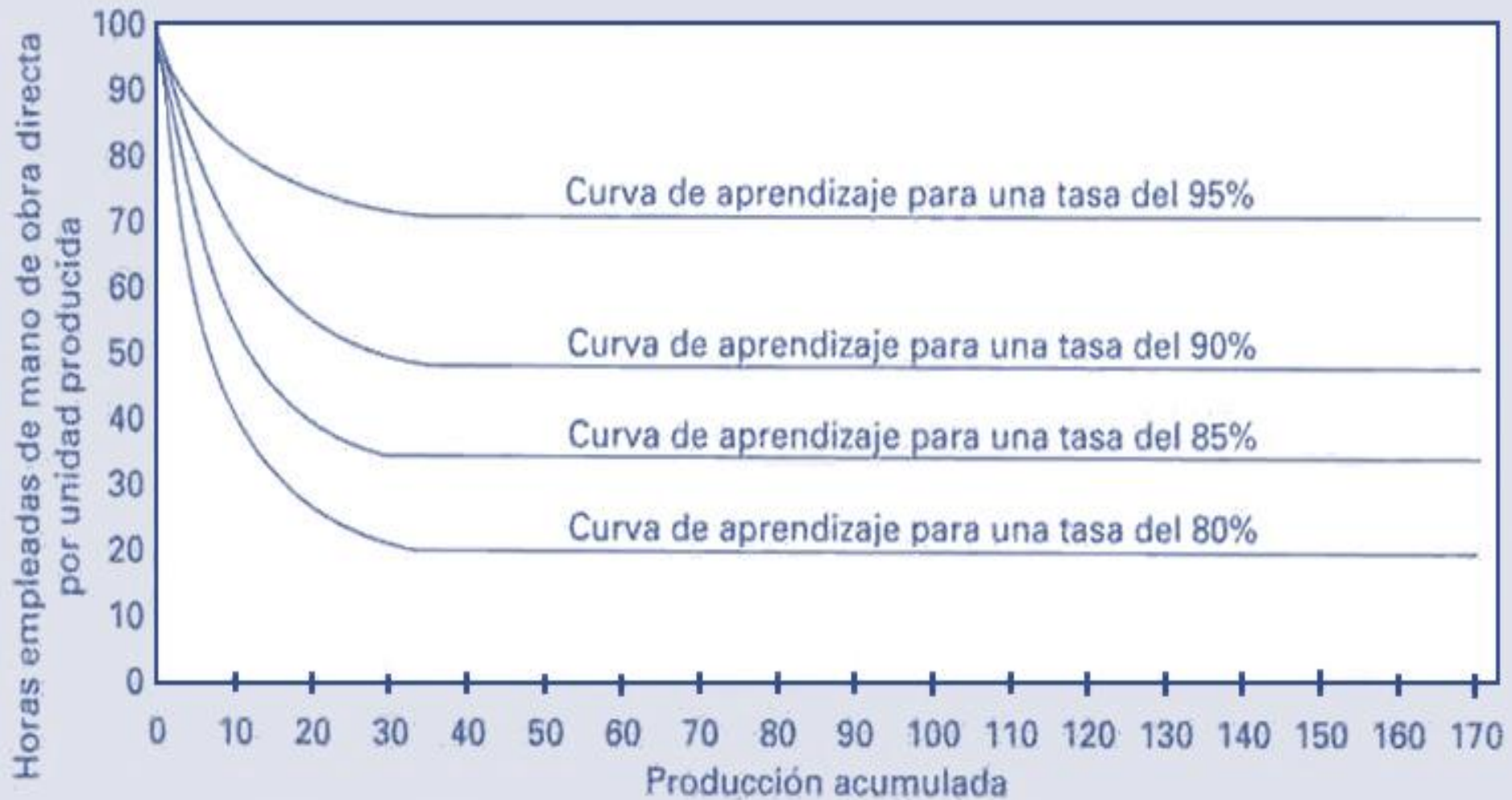
Factores que definen la inclinación de la curva

La inclinación de la curva depende de varios factores que contrapesan:

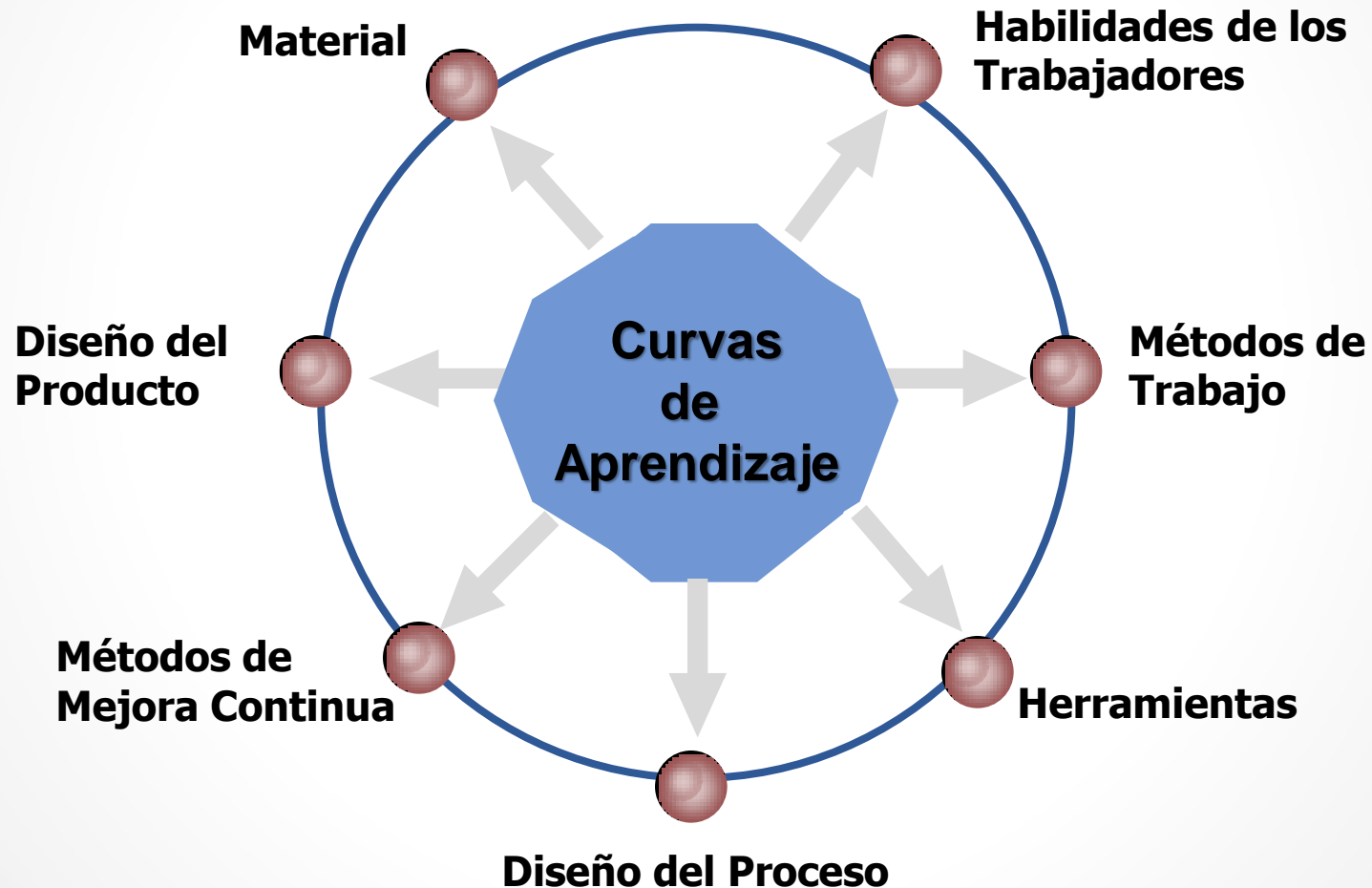
- Conocimiento del tema, habilidad, capacidad y talento
- Método de enseñanza, didáctica, y método de aprendizaje
- Contexto del aprendizaje (armonía entre el método, **el lugar de enseñanza y la personalidad del maestro, etc.**)
- Contexto temático y sucesión didáctica.



Curva de aprendizaje

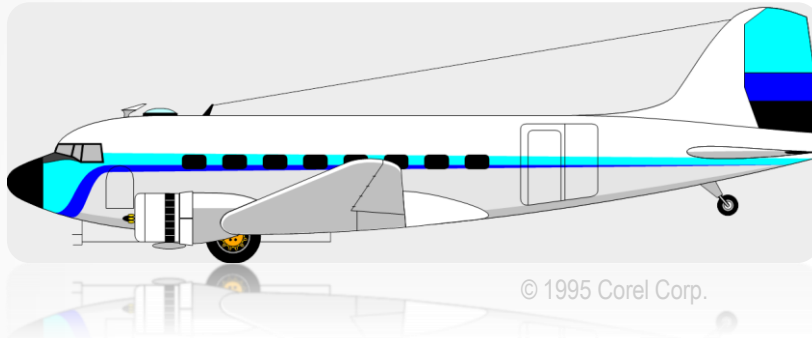


Factores que afectan las curvas de aprendizaje

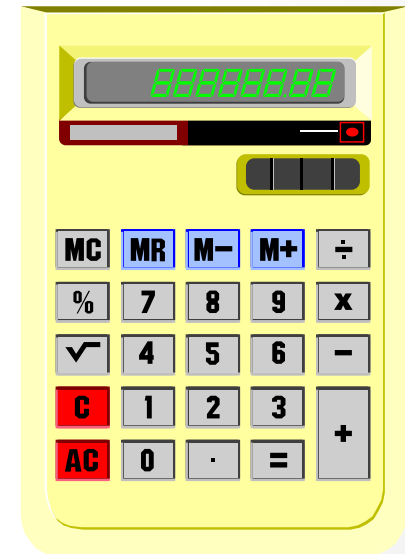


Las curvas de aprendizaje varían según el producto y la industria

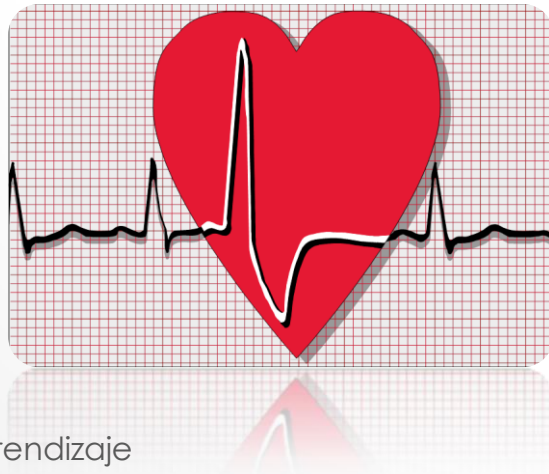
Montaje de aviones (1925-57): 80%



**Calculadora (1975-78):
74%**



Transplantes de corazón (1985-88): 79%



Ejemplos de los efectos de la curva de aprendizaje

Ejemplo	Parámetros de Mejora	Acumulativo	Pendiente %	Marco de Tiempo
Producción del modelo "T" de Ford	Precio	Unidades producidas	86	1910-1926
Montaje de aviones	Horas de mano de obra directa por unidad	Unidades producidas	80	1925-1957
Mantenimiento de equipos en GE	Tiempo medio para cambiar un grupo de partes	Número de piezas cambiadas	76	Alrededor de 1957
Producción de acero	Horas de mano de obra directa por unidad producida	Unidades producidas	79	1920-1955
Circuitos integrados	Precio medio por unidad	Unidades producidas	72	1964-1972
Calculadora de mano	Precio medio de venta de fábrica	Unidades producidas	74	1975-1978
"Drives" de computadora	Precio medio por "bit"	Número de "bits"	76	1975-1978

• METODOS DE APLICACIÓN

1. Método aritmético
2. Método logarítmico
3. Método del coeficiente de la curva de aprendizaje



Ejemplo de clase

Como iniciativa del Ministerio de Cultura y Deportes de fomentar actividades recreativas-saludables y de inserción social, ha planificado la construcción de canchas de fútbol sala en diferentes municipios de la ciudad capital. Actualmente está realizando la planificación del tiempo en horas hombre para evaluar los costos de Mano de Obra que representará la construcción de cada cancha.

Las proyecciones de la Gerencia de Área Técnica, según su experiencia indican que se tardará un total de **6,000 horas hombre para construir cada cancha**, los trabajos incluyen fundición de plancha de cemento, malla perimetral, graderíos y un parque infantil a un costado. Debido a que el personal es nuevo en este tipo de proyectos se ha estimado un **porcentaje de eficiencia del 85% para la segunda cancha**, ya que se **conformarán 4 equipos de 8 trabajadores cada uno al inicio del proyecto, para construir 4 canchas al mismo tiempo**.

Sin embargo, se pretende que cuando construyan la 3^a. cancha, cada equipo tenga únicamente 6 trabajadores y 24 en total en el proyecto, aprovechando la habilidad y eficiencia que se logre con la construcción de la 2^o. cancha. El proyecto incluye un total de 32 canchas.

1. Método aritmético



El análisis aritmético es el método más simple para los problemas de curvas de aprendizaje. De tal forma, **cada vez que la producción se duplica**, la mano de obra por unidad disminuye en un factor constante, conocido como la tasa de aprendizaje.

Permite hallar el tiempo para valores duplicados.

$$\text{Fórmula : } T_{2N} = L * T_N$$

En donde:

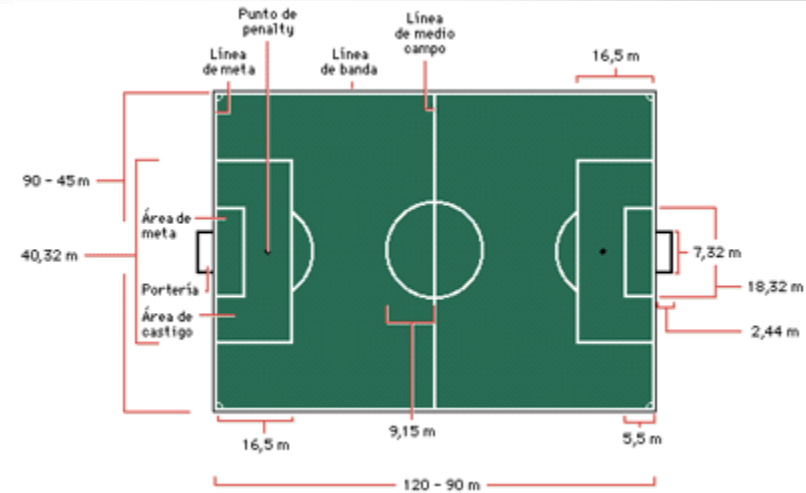
T_{2N} = Tiempo a establecer para xx unidad duplicada
 L = Coeficiente de aprendizaje
 T_N = Tiempo de la unidad anterior

Aplicado al ejemplo

1. Método Aritmético:

Solo funciona con valores duplicados

$$\text{Fórmula: } T_{2N} = L * T_N$$



Segunda Cancha

Datos:

$$T_{2N} = 2$$

$$L = 0.85$$

$$T_N = 6,000 \text{ Horas}$$

$$T_2 = 0.85 \times 6000 = \mathbf{5,100 \text{ Horas}}$$

Octava Cancha

Datos:

$$T_{2N} = 8$$

$$L = 0.85$$

$$T_N = 4,335 \text{ Horas}$$

Aplicando Fórmula:

$$T_8 = 0.85 \times 4,335 = \mathbf{3,684.75 \text{ Horas}}$$

● Curvas de Aprendizaje

Cuarta Cancha

Datos:

$$T_{2N} = 4$$

$$L = 0.85$$

$$T_N = 5,100 \text{ Horas}$$

$$T_4 = 0.85 \times 5,100 = \mathbf{4,335 \text{ Horas}}$$

16ª Cancha

Datos:

$$T_{2N} = 16$$

$$L = 0.85$$

$$T_N = 3,684.75 \text{ Horas}$$

$$T_{16} = 0.85 \times 3,684.75 = \mathbf{3,132.04 \text{ Horas}}$$

2. Método Logarítmico

Este método permite determinar la mano de obra para cualquier unidad.

Permite hallar el tiempo para cualquier valor de N.

FÓRMULA: $T_N = T_1 N^{\log L / \log 2}$

T_N = Tiempo a establecer para xx unidad

T_1 = Horas para producir la primera unidad

N = xx Unidad

$\log L$ = Logaritmo del coeficiente de aprendizaje

$\log 2$ = Constante

Aplicado al ejemplo

$$\text{Fórmula : } T_N = T_1 \{ N^{(\log L / \log 2)} \}$$

Primera Cancha

$$T_1 = 6,000$$

Segunda Cancha

Datos:

$$\begin{aligned} T_{N=} & \quad \mathbf{2} \\ T_1= & \quad \mathbf{6,000 \text{ Horas}} \\ N= & \quad \mathbf{2^a. Cancha} \\ \text{Log. } 0.85= & \quad \mathbf{-0.070581074} \\ \text{Log. } 2= & \quad \mathbf{0.301029996} \end{aligned}$$

$$\text{Log. } 0.85 / \text{Log. } 2= \mathbf{-0.234465253}$$

Aplicando Fórmula:

$$T_2 = 6,000 \{ 2^{(\text{LOG}(0.85) / (\text{LOG}(2)))} \}$$

$$T_2 = 6000 \{ 2^{(-0.07058104/0.30102996)} \}$$

$$T_2 = 6000 \{ 2^{(-0.234465253)} \}$$

$$T_2 = \mathbf{5, 100.00}$$

Tercera Cancha

Datos:

$$\begin{aligned} T_{N=} & \quad \mathbf{3} \\ T_1= & \quad \mathbf{6,000 \text{ Horas}} \\ N= & \quad \mathbf{3^a. Cancha} \\ \text{Log. } 0.85= & \quad \mathbf{-0.070581074} \\ \text{Log. } 2= & \quad \mathbf{0.301029996} \end{aligned}$$

$$\text{Log. } 0.85 / \text{Log. } 2= \mathbf{-0.234465253}$$

Aplicando Fórmula:

$$T_3 = 6,000 \{ 3^{(\text{LOG}(0.85) / (\text{LOG}(2)))} \}$$

$$T_3 = 6000 \{ 3^{(-0.07058104/0.30102996)} \}$$

$$T_3 = 6000 \{ 3^{(-0.234465253)} \}$$

$$T_3 = \mathbf{4, 637.49}$$

Aplicado al ejemplo

Cuarta Cancha

Datos:

$$T_{N=} 4$$

$$T_1 = 6,000 \text{ Horas}$$

$$N = 4^{\text{a}}. \text{ Cancha}$$

$$\text{Log. } 0.85 = -0.070581074$$

$$\text{Log. } 2 = 0.301029996$$

$$\text{Log. } 0.85 / \text{Log. } 2 = -0.234465253$$

Quinta cancha

Datos:

$$T_{N=} 5$$

$$T_1 = 6,000 \text{ Horas}$$

$$N = 5^{\text{a}}. \text{ Cancha}$$

$$\text{Log. } 0.85 = -0.070581074$$

$$\text{Log. } 2 = 0.301029996$$

$$\text{Log. } 0.85 / \text{Log. } 2 = -0.234465253$$

Aplicando Fórmula:

$$T_4 = 6,000 \{ 4^{(\text{LOG}(0.85)) / (\text{LOG}(2))}\}$$

$$T_4 = 6000 \{ 4^{(-0.070581074/0.301029996)}\}$$

$$T_4 = 6000 \{ 4^{(-0.234465253)}\}$$

$$T_4 = 4,335.00$$

Aplicando Fórmula:

$$T_5 = 6,000 \{ 5^{(\text{LOG}(0.85)) / (\text{LOG}(2))}\}$$

$$T_5 = 6000 \{ 5^{(-0.070581074/0.301029996)}\}$$

$$T_5 = 6000 \{ 5^{(-0.234465253)}\}$$

$$T_5 = 4,114.03$$

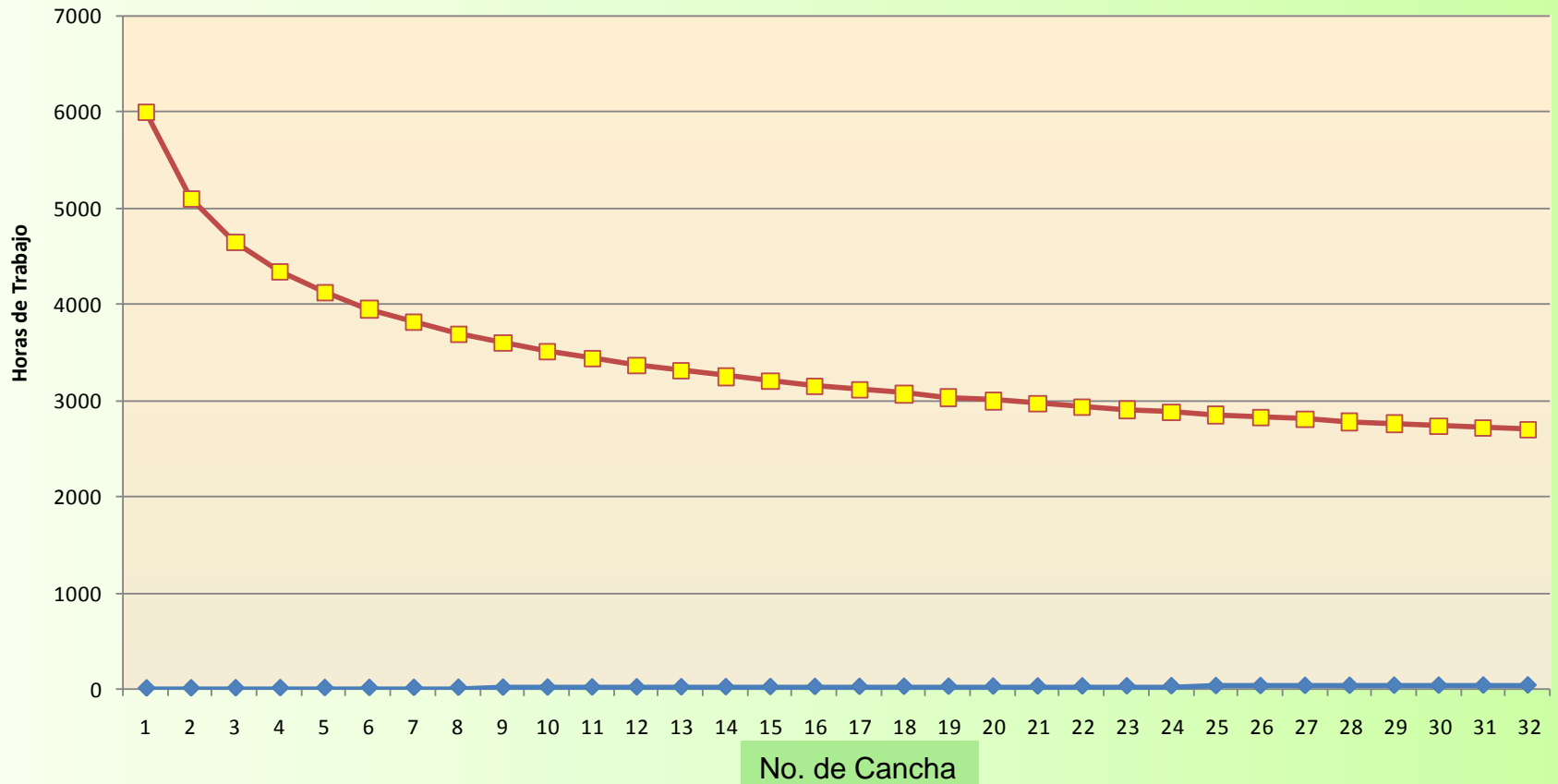
Aplicado al ejemplo

Curva de Aprendizaje en la construcción de Canchas de Fútbol Sala

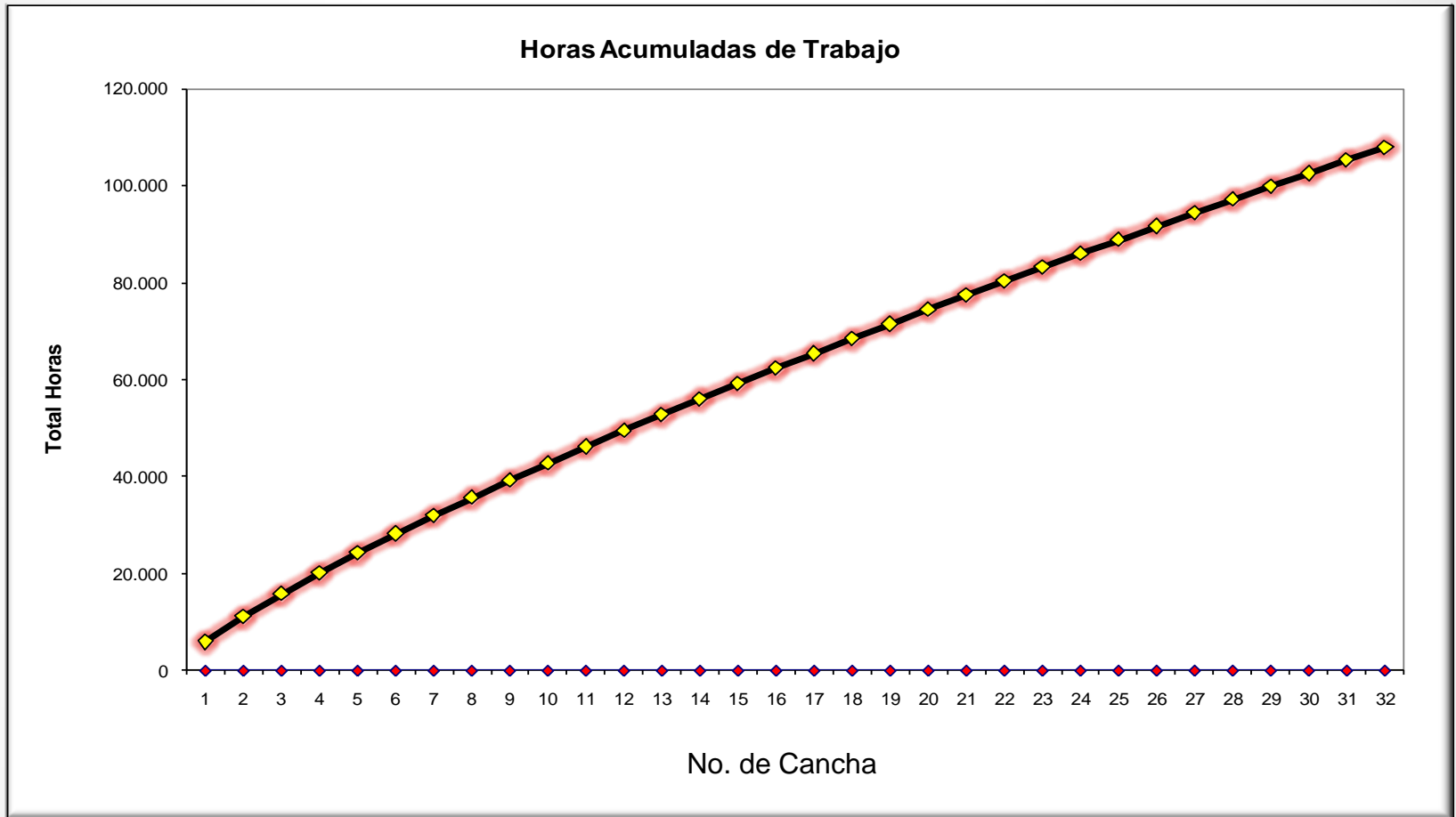
Horas 1ª. Cancha	No. Cancha	Potencia Log 0,85 / Log 2	Resultado No. Cancha x Potencia (Log 0.85 / Log 2)	Resultado Horas x Cancha Según Curva	Horas Acumuladas de Trabajo
6,000	1		1	6,000.00	6,000.00
6,000	2	-0.234465253	0.85	5,100.00	11,100.00
6,000	3	-0.234465253	0.772914837	4,637.49	15,737.49
6,000	4	-0.234465253	0.722500001	4,335.00	20,072.49
6,000	5	-0.234465253	0.685671062	4,114.03	24,186.52
6,000	6	-0.234465253	0.656977612	3,941.87	28,128.38
6,000	7	-0.234465253	0.633656471	3,801.94	31,930.32
6,000	8	-0.234465253	0.614125001	3,684.75	35,615.07
6,000	9	-0.234465253	0.597397346	3,584.38	39,199.45
6,000	10	-0.234465253	0.582820403	3,496.92	42,696.38
6,000	11	-0.234465253	0.569940607	3,419.64	46,116.02
6,000	12	-0.234465253	0.55843097	3,350.59	49,466.61
6,000	13	-0.234465253	0.548048496	3,288.29	52,754.90
6,000	14	-0.234465253	0.538608	3,231.65	55,986.54
6,000	15	-0.234465253	0.529965337	3,179.79	59,166.34
6,000	16	-0.234465253	0.522006251	3,132.04	62,298.37
6,000	17	-0.234465253	0.514638749	3,087.83	65,386.21
6,000	18	-0.234465253	0.507787744	3,046.73	68,432.93
6,000	19	-0.234465253	0.501391207	3,008.35	71,441.28
6,000	20	-0.234465253	0.495397343	2,972.38	74,413.66
6,000	21	-0.234465253	0.489762488	2,938.57	77,352.24
6,000	22	-0.234465253	0.484449516	2,906.70	80,258.94
6,000	23	-0.234465253	0.479426613	2,876.56	83,135.50
6,000	24	-0.234465253	0.474666325	2,848.00	85,983.49
6,000	25	-0.234465253	0.470144806	2,820.87	88,804.36
6,000	26	-0.234465253	0.465841222	2,795.05	91,599.41
6,000	27	-0.234465253	0.461737272	2,770.42	94,369.83
6,000	28	-0.234465253	0.457816801	2,746.90	97,116.73
6,000	29	-0.234465253	0.454065477	2,724.39	99,841.13
6,000	30	-0.234465253	0.450470537	2,702.82	102,543.95
6,000	31	-0.234465253	0.447020565	2,682.12	105,226.07
6,000	32	-0.234465253	0.443705313	2,662.23	107,888.31

Aplicado al ejemplo

Curva de aprendizaje en la construcción de las canchas



Aplicado al ejemplo



Promedio acumulativo
por cancha =

107,888.31 Total horas
acumuladas / 32 canchas =

3,371.51 horas

3. Método del coeficiente de la curva de aprendizaje

FÓRMULA: $T_N = T_1 C$
(coeficiente de la curva de aprendizaje
encontrado en la tabla)

T_N = Número de unidad a determinar

T_1 = Horas para producir la primera unidad

C = Coeficiente de la curva de aprendizaje de la tabla

Tabla del coeficiente de la curva de aprendizaje

Unidad	80 %		85 %	
		Tiempo de la unidad	Tiempo total	Tiempo de la unidad	Tiempo total
1	...	1,000	1,000	1,000	1,000
2	...	0.800	1,800	0.850	1,850
3	...	0.7021	2,502	0.7729	2,623
4	...	0.6400	3,142	0.7225	3,345
:	:	:	:	:	:

Aplicado al ejemplo

3. Método del coeficiente de la curva de aprendizaje:

FORMULA: $T_N = T_1 C$

(Coeficiente de la curva de aprendizaje encontrado en la tabla)

$$T_N = 4$$

$$T_1 = 6,000 \text{ Horas}$$

$$C = 0,7225 \text{ de la tabla}$$

$$T_4 = 6,000 \text{ horas} \times 0.7225$$

$$T_4 = 4,335 \text{ horas (alrededor de } C)$$



Trabajadores a partir de la 3^a. Cancha

Cancha 2 = 32 trabajadores
Cancha 3 = 24 trabajadores (32 – 24 = 8)
**Según teoría de constructor
para comprobar.**

Porcentaje de aprendizaje = $24/32 = 75\%$

Cancha 3 = 0.6338×32 trabajadores = **20.28 ~ 20**

Respuesta:

Lo planificado por la Gerencia del Área Técnica es correcto, porque **en lugar de 32 trabajadores podrá tener hasta 20 trabajadores** en el proyecto para que trabajen en la construcción del 3^a. Cancha, sin embargo es conveniente que considere que si toma el resultado obtenido, un equipo trabajará únicamente con 2 personas, lo cual le puede ocasionar problemas. Por lo que se recomienda que trabaje con equipos de **6 trabajadores para hacer un total de 4 equipos = 24 trabajadores.**

Planteamiento para determinar el costo conforme a la curva de aprendizaje

El costo de la primera cancha por cada equipo de trabajo es de Q.400,000.00, distribuidos así: Q.160,000.00 de mano de obra y Q.240,000.00 de materiales.

Se está dispuesto a contratar sobre la base de una curva de aprendizaje de 85 por ciento ¿Cuál será el precio del contrato para las 3 canchas restantes que construirá cada equipo de trabajo?

Solución: Estimación costo:

Cancha 1 = Q.400,000.00

Cancha 2 =

 Materiales = Q240,000.00

 Mano de obra $Q.160,000 * 0.85$ = Q136,000.00

Q376,000.00

Cancha 3 =

 Materiales = Q240,000.00

 Mano de obra $Q160,000 * 0.7729$ = Q123,664.00

Q363,664.00

Cancha 4 =

 Materiales = Q240,000.00

 Mano de obra $Q160,000 * 0.7225$ = Q115,600.00

Q355,600.00

Cancha 2 = Q376,000.00

Cancha 3 = Q363,664.00

Cancha 4 = Q355,600.00

Q1,095,264.00

OTRO EJEMPLO: CURVAS DE APRENDIZAJE

ESTIMACIÓN DE TIEMPO

Suponga que usted trabaja como planificador de Automóviles tipo camioneta BMW X5. Para construir la primera X5 se necesitaron 250 horas de mano de obra. Las camionetas 2 y 3 se construyeron con un factor de aprendizaje del 85%.

¿Cuánto tiempo tardaría en fabricarse el cuarto automóvil de manera que pueda comenzar la incursión?

DATOS:

- Coeficiente de aprendizaje o ritmo de aprendizaje
 $L=85\%$.
- La primera unidad requirió 250 horas de mano de obra

MÉTODO ARITMÉTICO

$$\text{Fórmula : } T_{2N} = L * T_N$$

En donde: T_N = es el número de unidad a establecer

L = coeficiente de aprendizaje

Primera Unidad : $T_1 = 250$ horas

$$\begin{aligned} \text{Segunda Unidad : } T_2 &= L * T_1 \\ &= 0.85 \times 250 \\ &= 212.50 \text{ horas} \end{aligned}$$

Cuarta Unidad : $T_4 = L^* T_N$

$$= 0.85 \times 212.50$$

$$= 180.63 \text{ horas}$$

SOLO FUNCIONA CON VALORES
DUPLICADOS

MÉTODO LOGARÍTMICO

- Fórmula : $T_N = T_1 N^{\log L / \log 2}$
 - T_1 = horas para producir la primera unidad
 - N = unidad
 - L = ritmo de aprendizaje

Ejemplo: $T_1 = 250.00$ horas

Cuarta Unidad:

$$T_4 = (250) (4)^{\log 0.85 / \log 2}$$

$$T_4 = 180.63 \text{ horas}$$

MÉTODO DEL COEFICIENTE DE LA CURVA DE APRENDIZAJE

Fórmula :

$$T_N = T_1 C$$

- N = Número de unidad a determinar
- T_1 = horas para producir la primera unidad
- C = coeficiente de la curva de aprendizaje de la tabla

Ejemplo:

$$N = 4$$

$$T_1 = 250 \text{ horas}$$

$$C = 0.7225$$

Cuarta unidad:

$$T_4 = (250) \times (0.7225)$$

$$= \mathbf{180.63 \text{ horas}}$$

OTRO EJEMPLO PARA REPASO

Ejemplo

Estimación de mano de obra mediante curvas de aprendizaje

El capitán NEMO propietario de SUB, tiene un contrato para la fabricación de 11 barcos y ha terminado cuatro de ellos. Ha observado que su administrador de producción, el señor Overick ha reasignado un número de personas cada vez mayor al ensamble de torpedos después de los cuatro primeros barcos.

El primer barco por ejemplo, requirió 225 trabajadores, cada uno de ellos trabajando una semana de 40 horas, mientras que se requirieron 45 menos para el segundo barco. Overick les ha dicho que terminará el último barco con solo 100 trabajadores.

Compruebe la veracidad de lo dicho por Overick.

Barco 1= 225 trabajadores

Semana laboral= 40 horas

Barco 2= 180 trabajadores
(225-45= 180)

Porcentaje de aprendizaje=

$180/225=0.80$ por ciento

Para encontrar la razón de mejoramiento para el barco 11, se toman los valores 10 y 12 de la Tabla de valores de la unidad, se suman y se dividen entre 2 y obtenemos 0.4629

$$\text{Barco 11} = 0.4629 * 225 = 104$$

Respuesta: El estimado de Overick, falló en el cálculo por cuatro personas.

Estimación de costos mediante curvas de Aprendizaje

Sub, ha producido la primera unidad de su nueva línea de minisubmarinos a un costo de Q500,000.00; distribuidos de la siguiente manera:
Q300,000.00 para mano de obra y
Q200,000.00 para materiales.

Ha convenido en aceptar 10 por ciento de utilidad, y está dispuesta a contratar sobre la base de una curva de aprendizaje de 70 por ciento ¿Cuál será el precio del contrato para los tres submarinos?

Solución: ESTIMACIÓN COSTO:

Submarino 1= Q500,000.00

Submarino 2=

Materiales= Q200,000.00

Mano de Obra $Q300,000.00 * 0.70 =$ Q210,000.00

Q410,000.00

Submarino 3=

Materiales = Q200,000.00

Mano de Obra

$Q300,000.00 * 0.5682 =$ Q170,460.00

Q370,460.00

Costo total para 3 submarinos:

Q1,280,460.00

Cálculo para el margen de ganancia:

Total 3 submarinos x % ganancia

$$Q\ 1,280,460.00 * 0.10 = Q128,046.00$$

COSTO 3 SUBMARINOS	Q1,280,460.00
+ GANANCIA	<u>Q 128,046.00</u>

Precio de venta: Q1,408,506.00