

## PROCESO DE DESGASTE- RENOVACIÓN COMO MODELO DE DECISIÓN DE VARIANTES DE FABRICACIÓN DE MÁQUINAS Y EQUIPOS, APOYADO EN LA PROYECCIÓN DE LA FIABILIDAD.

**Marcelo N. Navarro Ojeda. Ingeniero Mecánico. Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Titular, Profesor de Tribología. CE CAD/CAM, Facultad de Ingeniería, UHo. Ave. XX Aniversario, Holguín 80100. Exdirector del Centro de Desarrollo de la Maquinaria Agrícola: CEDEMA. E-mail: marcelo@cadcam.uho.edu.cu Teléf. (53)(24)462107.**

### RESUMEN:

Las ventajas de una máquina o implemento agrícola, no solamente se distinguen por sus propiedades funcionales o una alta productividad sino, que además, debe satisfacer una condición esencial: ser económica, tener pocos gastos durante su vida útil proyectada. La esencia del problema entonces estará en conocer de antemano si la nueva máquina, en comparación con la máquina precedente, es más productiva y económica.

### INTRODUCCION:

Tomemos a manera de ejemplo las máquinas cosechadoras. Cualquiera de estas máquinas, independientemente de sus características constructivas concretas, poseen grupos funcionales análogos, subconjuntos o subsistemas para el corte, transporte, limpieza, etc. Entonces, la tarea estará dada, en buscar, evaluar, durante el proceso de desarrollo de la nueva máquina, diferentes variantes de fabricación, para estos subconjuntos, hasta hallar una variante que satisfaga ambas exigencias: fiabilidad y economía. Esta Metodología permite la determinación de los máximos costos permisibles de fabricación evaluando diferentes variantes de fiabilidad de las piezas en la nueva máquina o subconjunto objeto de estudio o desarrollo. Tiene como base el modelo Ihle-Rößner para la evaluación del comportamiento del desgaste en las piezas y cálculo de los índices de consumo de los repuestos, atendiendo a determinados parámetros de fiabilidad.

Para una mejor comprensión de la metodología se toma la máquina combinada cañera KTP-1, como máquina precedente, base de toda consideración para el análisis, la cual posee casi todos los subconjuntos accionados de forma mecánica; y como máquina de comparación, posible objeto de desarrollo la KTP-3, con un alto grado de hidraulización de los diferentes subsistemas. A través del cálculo podría demostrarse, qué variante de fabricación sería más económica, inclusive partiendo ya desde la propia mesa de diseño.

Pero,..., ¿Cómo establecer las bases para la comparación? ¿Cómo estructurar el modelo? ¿Sobre qué aspectos centrar las bases para el análisis?

#### **Determinación de los costos específicos, totales, de reparación y materiales:**

Se puede llegar a establecer una relación, que permita la evaluación de una determinada pieza (nomenclatura) de un subconjunto seleccionado, en su comportamiento sobre la máquina.

Siguiendo el razonamiento de Soucek-Regge /6/ y Ulrich /7/ se parte de la siguiente expresión:

$$kg = \frac{H + C + I + Z - S}{A}$$

donde:

kg = Costos totales específicos

H = Costos de fabricación

C = Costos de explotación

I = Costos de reparación

Z = Amortización

S = Ventas en concepto de chatarra

A = Cantidad de masa vegetal cosechada durante la vida útil de la máquina

Bajo el mismo principio se llegan a determinar los Costos Específicos de Reparación  $k_l$ , en función de los Costos Materiales Generales (de piezas) durante la vida útil de la máquina  $KM$ , los Costos de Salarios  $KL$  y los Costos Generales por otros conceptos  $KG$  y los Costos Específicos Materiales  $kM$

Es decir, que los costos específicos del artículo, dados en función de los costos de todos los consumos de piezas a utilizar en las reparaciones operativas y profilácticas del artículo que se proyecta, deben ser igual o menores a los costos específicos materiales del artículo precedente. Esa es la condición básica del modelo de decisión.

$$\frac{KMN}{AN} \leq \frac{KMA}{AA}, \quad (kMN \leq kMA)$$

### Cálculo de los costos permisibles de fabricación de los subconjuntos de la nueva máquina.

$EMm$  representa la relación de cambio entre la magnitud de los costos generales (del gasto material) y el precio de la nueva pieza, para la evaluación de un subconjunto(s) de la máquina.

$$\text{Sea: } EMm = \frac{\sum_{j=1}^{EP} KMj \times NMj}{\sum_{j=1}^{EP} KNj \times NMj}$$

donde:

$KMj$  = Costo de los consumos materiales (repuestos) de la  $j$ -ésima nomenclatura de la máquina (subconjunto).

$NMj$  = Número de la  $j$ -ésima nomenclatura en la máquina (subconjunto).

$Knj$  = Precio de la  $j$ -ésima nomenclatura de la máquina (subconjunto).

$J=1, \dots, EP$  Número de nomenclaturas en la máquina (subconjunto).

$$\text{Donde resulta: } Pi = \frac{\sum_{j=1}^{nk} KNji \times NMji}{\sum_{j=1}^{EP} KNj \times NMj}$$

$Pi$  = Parte (%) de la  $i$ -ésima clase en relación al precio total de fabricación del subconjunto (máquina).

Finalmente, el precio permisible para el nuevo subconjunto, según el modelo de decisión, será:

$$PN \leq \frac{EMMA}{EMmN} \times \frac{AN}{AA} \times PA$$

$$\text{Simplificando: } PN \leq \alpha AN \times \beta NA \times PA, \quad \alpha AN = \frac{EMmA}{\sum_{j=1}^k Pi(1 + R \times STi)}$$

donde:

$PN$  = Costo permisible para el nuevo conjunto.

$PA$  = Precio del subconjunto precedente

$AN$  = Rendimiento fijado al nuevo subconjunto

- AA = Rendimiento de la máquina precedente durante su vida útil.  
 Emma = Índice relativo de costos del material  
 $\alpha_{AN}$  = Factor de los índices relativos de costos del material.  
 $\beta_{NA}$  = Factor relativo del rendimiento  
 Sti = Factor de gastos (consumos) de piezas de repuesto.

A manera de ejemplo, se ilustran los resultados, en la tabla que aparece a continuación, del cálculo efectuado para el Subconjunto Sección Receptora, correspondiente a la máquina cosechadora KTP-3. Como se puede observar, en ambas máquinas, se agruparon las piezas en clases, según análisis de expertos. Posteriormente se determinó el valor de PA: Costo del subconjunto Sección Receptora de la máquina precedente: Cosechadora KTP-1, basado en los costos de cada una de las piezas que integran este subconjunto, según las clases predeterminadas. A continuación se procedió al cálculo de las variantes económicas de fabricación para el subconjunto Sección Receptora de la nueva máquina: KTP-3. Para ello se determinaron aquellas clases que poseen un peso específico más significativo en el costo general del subconjunto, y en base a éstas se desarrollaron las diferentes variantes de cálculo.

Tal y como se puede observar en la tabla, la clase 135 ( $VA = 0.4$ ,  $\Gamma = 0.95$ ,  $hB = 0.6$ ) posee la mayor incidencia: 80.68%; a ella corresponden los elementos hidráulicos del sistema. El valor obtenido para esta primera variante es de  $PN \leq 5087.24$  pesos. Posteriormente, se desarrollaron dos variantes más de cálculo con elevación continua de la fiabilidad de los componentes del sistema, con la formación de las clases correspondientes, manteniendo el valor constante para el resto de las clases y el mismo peso específico de la nueva formada: clase 245 ( $VA = 0.7$ ,  $\Gamma = 0.9$ ,  $hB = 0.6$ ):  $PN \leq 7215.72$ ; Clase 235 ( $VA = 0.7$ ,  $\Gamma = 0.95$ ,  $hB = 0.6$ ):  $PN \leq 8971.25$ . En todos los casos, los costos específicos de explotación, referidos a consumos de repuestos, fueron inferiores a la máquina precedente.

Costo permisible para el nuevo subconjunto											
No	DENOMINACION NOMENCLATURA		PARAMETROS DE FIABILIDAD			FKNi	Pi(1)	EM(1)i	FKN3(i)	Pi(3)	EM(3)i
	CLASE	CODIGO	VA	GG	HB						
1	KL-0	100	0.4	0.995	0	39.3321	4.89	192.3340	39.332	0.61	23.99258
2	KL-1	105	0.4	0.995	0.6	10.1881	45.56	464.1698	10.188	3.49	35.55647
3	KL-3	115	0.4	0.99	0.6	10.7262	1.06	11.36977			
4	KL-5	125	0.4	0.98	0.6	14.759	9.88	145.8189	14.769	1.29	19.03911
5	KL-7	135*	0.4	0.95	0.6	19.8929	0.08	1.591432	19.892	78.18	1555.227
6	KL-9	145	0.4	0.9	0.6	25.9583	12.13	314.8742	25.958	8.85	229.7310
7	KL-11	155	0.4	0.85	0.6	28.5937	0.01	0.285937			
8	KL-20	200	0.7	0.995	0				39.314	2.18	85.70452
9	KL-21	205	0.7	0.995	0.6	2.6405	5.6	192.3340			
10	KL-60	300	1	0.995	0	8.48	20.79	176.2992	8.48	5.4	45.792
Índice relativo de costos del material (repuestos): subconjunto <u>precedente</u> EM(1) = 1499.077					Índice relativo de costos del material (repuestos): subconjunto <u>nuevo</u> : EM(3) <sub>10</sub> = 1995.043				Costo del subconjunto precedente. PA = 4513.56 pesos		
Factor relativo del rendimiento o cantidad de trabajo realizado por las máquinas: $\beta_{NA} = 1.5$					Factor de los índices relativos de costos del material: $\alpha_{AN} = 0.7514011$				Costo permisible para el nuevo subconjunto. PN $\leq 5087.24$ pesos		

## CONCLUSIONES

Este modelo de decisión tiene una especial importancia a la hora de diseñar una nueva máquina, perfeccionar una ya en línea de producción o sustituir una determinada nomenclatura que se presente como crítica por una de mayor fiabilidad. A través del mismo, se puede fundamentar el costo del nuevo artículo en lo referido a los gastos que se incurren por concepto de consumos de piezas de repuesto; representando estos el 70% de todos los gastos de las reparaciones operativas y profilácticas.

Las diferentes variantes se calculan teniendo en cuenta la elevación de la fiabilidad del artículo progresivamente; es decir, se evalúan diferentes valores de la probabilidad de sobrevida ( $\Gamma$ ), de su coeficiente de variación (VA) y, como aspecto importante, el índice relativo de explotación (hB) ya que encierra un concepto económico.

La metodología centra su base de cálculo según el modelo de los costos específicos de los gastos materiales (repuesto). Debiéndose cumplir la condición, que: los costos específicos del artículo que se proyecta siempre deberán ser menores o al menos iguales al costo del artículo precedente. Y las diferentes variantes surgen con la elevación de la fiabilidad. Aunque siempre se tendrá presente que la elevación de la fiabilidad del artículo que se proyecte sólo se corresponde en la misma medida en que se justifique económicamente. Si importante es saber que la nueva máquina ha de ser productiva y fiable, decisivo es conocer si será económica también.

#### **BIBLIOGRAFIA:**

1. Ihle G. Methodik für die Prognose der Verbrauchskennzahlen und der Instandhaltungskosten. (Metódica para el pronóstico de los índices de consumo y de los costos de reparación). Götz Ihle, Kurt Rößner y G. Teuchert. 1981. T.U. Dresden.
2. Navarro M. Methodik zur Planung und Vorhersage des Materialaufwandes für die Instandsetzung von Zuckerrohrerntemaschinen. (Metódica para la planificación y predicción de los gastos materiales para las reparaciones de las máquinas cosechadoras de caña de azúcar.) Dissertation A. TU. Dresden 1989.
3. Navarro M. Consideraciones acerca del Modelo Ihle-Rößner en el cálculo de las frecuencias de fallos y sustituciones debido al desgaste progresivo de las piezas. Memorias de la Segunda Conferencia Internacional de la UHo: "MAQUINAG'97". Noviembre de 1997
4. Navarro M. Metódica para la planificación de piezas de repuesto de las máquinas cosechadoras atendiendo a las características de fiabilidad. Memorias de la Segunda Conferencia Internacional de la UHo "MAQUINAG'97". Noviembre de 1997.
5. Rößner K. Grundlagen zur Projektierung der Instandhaltungstechnischer Arbeitsmittel im konstruktiven Entwicklungsprozess. (Bases para la proyección del mantenimiento de equipos de la agricultura, durante el proceso de desarrollo). Dissertation B. 1985. T.U. Dresden.
6. Soucek, R. Grundsätze für die Konstruktion von Landmaschinen (Bases para la construcción de máquinas agrícolas). R. Soucek, H. Regge. VEB Verlag Technik. Berlin. 1979.
7. Ulrich, K. Zur Formulierung der Zielfunktion des ökonomischen Konstruierens. (Formulación de la función objetivo para construcciones económicas). VEB Kombinat Fortschritt-landmaschinen Neustadt. Agrartechnik, Berlin 9(1971)G. S 396 - 400.