

ARTÍCULO ORIGINAL

Desarrollo y validación de un procedimiento metodológico para la planificación estratégica de los servicios de mantenimientos y reparaciones en las Unidades Empresariales de Base de Servicios Técnicos Municipales

Development and validation of a methodological approach to strategic planning of maintenance and repair services in the Business Units Base Municipal Technical Services

M.Sc. Manuel Fernández Sánchez¹, M.Sc. Damián Lora Cabrera¹, Dr.C. Liudmila Shkiliova^{II}

¹Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana, Cuba.

^{II} Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN. En el presente trabajo se expone y valida un procedimiento metodológico que permite planificar de manera estratégica el volumen de los servicios de mantenimientos técnicos y reparaciones a prestar por las Unidades Empresariales de Base Integrales de Servicios Técnicos Municipales. El procedimiento elaborado tiene como principal aporte, el haber logrado imbricar armónicamente dos metodologías de cálculo específicas, la primera de ellas, dirigida a la programación automatizada de la explotación de los medios mecanizados y la segunda destinada a la determinación de la cantidad y tipos de mantenimientos y reparaciones a realizar a los tractores, basada en la teoría de las probabilidades. Para lograr la sinergia entre ambos métodos, se desarrolló un soporte de ayuda para trabajar sobre las salidas que aporta el método automatizado y que posibilita obtener de manera directa la información sobre la carga de trabajo a que estarán sometidas las diferentes marcas de tractores, dato esencial para aplicar el método probabilístico de cálculo. Los resultados logrados en la validación del procedimiento metodológico desarrollado demuestran su aplicabilidad en las Unidades Municipales de Servicios Técnicos, dado que con su utilización se puede programar estratégicamente no solo el volumen de los servicios de mantenimientos y reparaciones, sino también la logística que se requiere para cumplir en tiempo con estas actividades.

Palabras clave: programación, tractores, información, logística.

ABSTRACT. This paper presents and validates a methodology that allows to plan strategically the volume of technical maintenance services and repairs to pay for the Business Units Base Comprehensive Municipal Technical Services. The procedure developed its main contribution, having achieved harmoniously interweave two specific calculation methodologies, the first one, aimed at the automated scheduling mechanized resources exploitation and the second aimed at the determination of the amount and types of maintenance and to make repairs to tractors, based on probability theory. To achieve synergy between both methods was developed to help support work on the outputs provided by the automated method that allows to directly obtain information about the workload that will be subject to different brands of tractors, essential data to apply probabilistic calculation method. The results achieved in the developed methodological validation procedure demonstrate its applicability in Municipal Technical Services Units, since their use can be set strategically not only the volume of maintenance and repair services, but also the logistics required to comply in time with these activities.

Keywords: programming, tractors, information, logistics.

INTRODUCCIÓN

La planificación constituye el elemento base a partir del cual se puede organizar y controlar el proceso de mantenimiento y reparación en cualquier taller. En el caso específico de los tractores, máquinas agrícolas autopropulsadas y equipos de transporte, el cálculo de la cantidad y el volumen de estas actividades se realiza a partir de la carga de trabajo a que estarán sometidas las mismas durante un período determinado. Esta representa el volumen o la cantidad de trabajo que deben realizar las mismas y puede estar expresada en diferentes unidades físicas (hectáreas, kilómetros recorridos, horas cronológicas, u otras), dependiendo del tipo de máquina (De la Guardia, 1973), aunque para las condiciones de explotación en nuestro país, la carga de trabajo de los tractores y máquinas agrícolas autopropulsadas se mide en litros de combustible.

En este caso, la determinación de la carga se puede realizar considerando la cantidad media de combustible que consumen este tipo de máquinas por unidad de tiempo, es decir, mediante el indicador de consumo horario de combustible o a través de la cantidad media de combustible que requieren para realizar una labor dada en un cultivo o servicio específico durante un período de tiempo, o sea a través del índice de consumo por actividad.

Mediante ambas variantes, el cálculo de la carga de trabajo presenta algunos inconvenientes como son:

1. En gran parte de las unidades productivas se desconocen en estos momentos, los valores del indicador de consumo horario de combustible, tanto para los tractores y máquinas autopropulsadas que tienen varios años de explotación como las de reciente incorporación a la explotación. Los datos existentes para este indicador para algunas marcas de tractores están desactualizados y no se corresponden con el estado técnico que presentan los tractores en la actualidad, por lo que su utilización puede conducir a errores en la planificación. Por eso, en la práctica esta variante no se utiliza (De la Guardia, 1973; Aguerrebere, 1980; DINAME, 1983; MINAG, 1987; Atá, 1988).
2. La segunda variante ha tenido un mayor nivel de utilización, dado que en la práctica productiva los índices de consumo de combustible de los tractores y máquinas (por labor y tipo de servicio), han sido utilizados tradicionalmente para elaborar el plan de explotación de la maquinaria. A través de este plan, se puede conocer la carga de trabajo planificada para las máquinas considerando el cúmulo de labores que tienen que realizar las mismas en los diferentes cultivos y actividades de servicio. Sin embargo, el proceso resulta trabajoso cuando se realiza manualmente, sobre todo si se tiene en cuenta la cantidad y variedad de tractores que se explotan en las unidades productivas.

Con el objetivo de agilizar este proceso, Sotto *et al.* (2003; 2004; 2006; 2008), desarrollaron un sistema automatizado para la programación de la explotación de los medios mecanizados compuesto por dos software, AnaExplo y el Cemaq. A través de ambos software, se puede obtener la información sobre la carga de trabajo planificada, aunque de forma diferenciada, atendiendo al objetivo por los cuales fueron creados y la forma

en que aparecen sus salidas.

En el caso del Cemaq esta información (en litros de combustible) se obtiene directamente de una de sus salidas, tanto cuando se trabaja a nivel de unidad productiva o a nivel de empresa, (una vez consolidada la información de todas las unidades productivas) es decir, aporta la base de datos primaria mediante la cual se calcula el volumen de los servicios de mantenimientos técnicos y reparaciones. Sin embargo, mediante este programa no se puede abordar de manera estratégica el cálculo del volumen de los servicios técnicos a prestar, dado que fue concebido para realizar la programación para periodos cortos (semana, quincena, mes), de ahí su carácter táctico. El otro programa, el AnaExplo, si posibilita programar estratégicamente la explotación de los medios mecanizados debido a que permite programar para períodos más largos (año o semestre), aunque tiene como limitante el no aportar directamente la información sobre la carga de trabajo de los tractores durante un período de tiempo. Para la solución a este inconveniente, y con el objetivo de interrelacionar el programa AnaExplo y el método probabilístico para la planificación de los mantenimientos y reparaciones de los tractores, se elaboró un soporte de ayuda para trabajar sobre una de las tablas de salidas de este programa y que posibilita captar la información primaria (carga de trabajo) mediante la cual se establece la interrelación.

Sobre la base de este resultado, se desarrolló un procedimiento metodológico para la planificación estratégica de los servicios técnicos a realizar a los tractores en las Unidades Empresariales de Base de Servicios Técnicos Municipales, cuya validación se realizó en una unidad de este tipo ubicada en el municipio de Güira de Melena.

MÉTODOS

El procedimiento metodológico incluye dos metodologías específicas: el programa automatizado AnaExplo de Sotto *et al.* (2003; 2004; 2006; 2008), utilizado en la práctica productiva para la programación de la explotación de los medios mecanizados y la metodología para el cálculo de la cantidad y el volumen de los mantenimientos técnicos y reparaciones de los tractores, desarrollada por Shkiliova y Fernández (2007). La validación del mismo se realizó en la UEB Integral de Servicios Técnicos de la Empresa Agropecuaria Güira de Melena ubicada en la provincia Artemisa. El período de observación abarcó los meses de enero-diciembre del año 2011.

Para establecer la interrelación entre los componentes del procedimiento metodológico se creó un soporte de ayuda para filtrar la información desde una de las tablas de salida del programa AnaExplo. Con ello se logra determinar la carga total de trabajo planificada por marca de tractor, considerando todas las labores a realizar anualmente en los diferentes cultivos y servicios.

Soporte de ayuda para la determinación de la carga de trabajo de los tractores mediante el programa automatizado AnaExplo

Cuando se consolidan a nivel de empresa todas las programaciones de la maquinaria realizadas en las unidades productivas a las cuales se les presta servicio, se obtiene una tabla

de salida donde aparece la información sobre la necesidad de combustible de los diferentes tractores distribuida por tipo de cultivo (Figura 1).

Para determinar las necesidades de combustible por marca de equipo considerando todos los cultivos, se procede de la

siguiente forma:

1. Pararse sobre la celda “Equipos” y efectuar un clic (Figura 1).
2. Ir a la opción **Filtro**, la cual se encuentra en **Datos** de la Barra de Herramientas (Figura 2).

Necesidad de Combustible.		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
boniato	mtz-5	1504,59	2213,61	1004,55	3444,30	1176,03	2777,16	1243,02	2088,87	2314,32	1890,93	3008,52	1832,7	24498,60
	yumz-6	321,28	444,22	1428,10	454,04	1267,38	372,80	548,72	84,56	1146,34	1061,86	458,88	304,04	7892,22
	t-150k	1200,61	1037,02	2346,31	828,21	1893,92	957,79	902,69	1149,88	1478,96	1871,88	1637,80	1249,44	16554,51
	mtz-5	1229,91	885,48	686,13	746,22	487,26	458,10	1064,40	619,74	1231,98	1157,52	1186,23	1012,65	10765,62
	belaru	1356,32	995,96	1038,24	695,52	506,80	786,52	928,48	922,32	710,64	1614,76	991,20	735,56	11282,32
Subtotal		5612,71	5576,29	6503,33	6168,29	5331,39	5352,37	4687,31	4865,37	6882,24	7596,95	7282,63	5134,39	70993,27
calabaza	mtz-80		324,00	128,31	592,62	924,51	1071,24	397,98	392,34					3831,00
	t-150k		833,53	564,68	539,41	559,93	611,61	1076,92	143,07	102,22	50,92	45,98	401,85	4930,12
	mtz-50		573,66	469,71	637,02	200,43	1526,85	1920,78	82,44	38,79	48,42	12,06	21,78	5589,27
	mtz-510		81,45	199,53	313,56	325,55	90,57	723,29	54,82	89,96	38,79	60,48	21,78	1999,78
Subtotal		1488,64	1557,92	1618,30	1678,53	3153,54	4792,23	678,31	623,31	138,13	72,54	67,76	480,96	16350,17
frijol	mtz-50	24,90					216,00	1039,38	745,02	1925,58	2149,50	1952,07	255,48	8307,93
	yumz-6						224,00	485,52	448,48	715,96	1159,20	531,44		3564,60
	t-150k	50,92						315,21	537,89	831,25	2985,28	971,09	199,88	5891,52
Subtotal		75,82	0,00	0,00	0,00	0,00	440,00	1840,11	1731,39	3472,79	6293,98	3454,60	455,36	17764,05
fruta bomba	t-150k	36,10		15,39	50,92	25,46	25,46					154,47		307,80
	mtz-50			7,29	36,18	12,06						12,60	36,27	104,40
Subtotal		36,10	0,00	22,68	50,92	61,64	37,52	0,00	0,00	0,00	0,00	167,07	36,27	412,20
guayaba	mtz-50				24,12	1,17	144,27	48,87	1,17					219,60
	yumz-6						148,40							148,40
	t-150k				50,92	2,47	2,47	103,17	2,47				36,1	197,60
	yo	19,00	72,00				139,00	73,95	81,45	73,95	1,95	72,00	72	605,30
	k-700a				77,72		3,77	157,47	3,77	3,77				246,50
Subtotal		19,00	72,00	0,00	315,88	3,64	374,03	392,13	130,23	6,89	72,00	0,00	108,1	1493,90
limon	t-150k											26,60		26,60
Subtotal												26,60		26,60

FIGURA 1. Tabla de salida sobre la necesidad de combustible por tipo de equipos en cada cultivo.

FIGURA 2. Opción de Filtro en la Barra de Herramientas.

3. Una vez ejecutada esta opción se selecciona el equipo que se quiere totalizar (Figura 3) lo cual puede obtenerse desplegando la celda correspondiente a “Equipos”. Por ejemplo, si se selecciona al tractor Belarus 892, entonces se obtiene

una tabla como la representada en la Figura 4, donde aparece el volumen de combustible a consumir por este tractor para realizar todas las labores agrícolas programadas en los diferentes cultivos y la ejecución de los servicios.

CULTIVO	EQUIPO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
boniato	Orden ascendente	1504,59	2213,61	1004,55	3444,30	1176,03	2777,16	1243,02	2088,87	2314,32	1890,93	3008,52	1832,7	24498,60
	Orden descendente	321,28	444,22	1428,10	454,04	1267,38	372,80	548,72	84,56	1146,34	1061,86	458,88	304,04	7892,22
	(Todas)	1200,61	1037,02	2346,31	828,21	1893,92	957,79	902,69	1149,88	1478,96	1871,88	1637,80	1249,44	16554,51
	(Diez mejores...)	1229,91	885,48	686,13	746,22	487,26	458,10	1064,40	619,74	1231,98	1157,52	1186,23	1012,65	10765,62
	(Personalizar...)	1356,32	995,96	1038,24	695,52	506,80	786,52	928,48	922,32	710,64	1614,76	991,20	735,56	11282,32
	belarus 892	1356,32	995,96	1038,24	695,52	506,80	786,52	928,48	922,32	710,64	1614,76	991,20	735,56	11282,32
	Subtotal	5612,71	5576,29	6503,33	6168,29	5331,39	5352,37	4687,31	4865,37	6882,24	7596,95	7282,63	5134,39	70993,27
	k-700a	324,00	128,31	592,62	924,51	1071,24	397,98	392,34						3631,00
	calabaza	833,53	564,68	539,41	559,93	611,61	1076,92	143,07	102,22	50,92		45,98	401,85	4930,12
	mtz-510	573,66	469,71	637,02	200,43	1526,85	1920,78	82,44	38,79	48,42	12,06	21,78	57,33	5589,27
	mtz-80	81,45	199,53	313,56	325,55	90,57	723,29	54,82	89,96	38,79	60,48		21,78	1999,78
	yto													
	Subtotal	1488,64	1557,92	1618,30	1678,53	3153,54	4792,23	678,31	623,31	138,13	72,54	67,76	480,96	16350,17
	numz-6													
	(No vacías)	24,90					216,00	1039,38	745,02	1925,58	2149,50	1952,07	255,48	8307,93
	frijol						224,00	485,52	448,48	715,96	1159,20	531,44		3564,60
	yumz-6							315,21	537,89	831,25	2985,28	971,09	199,88	5891,52
	t-150k	50,92												26,60
	Subtotal	75,82	0,00	0,00	0,00	0,00	440,00	1840,11	1731,39	3472,79	6293,98	3454,60	455,36	17764,05
	fruta bomba	36,10		15,39	50,92	25,46	25,46					154,47		307,80
	t-150k			7,29		36,18						12,60	36,27	104,40
	mtz-50													
	Subtotal	36,10	0,00	22,68	50,92	61,64	37,52	0,00	0,00	0,00	0,00	167,07	36,27	412,20
	guayaba				24,12	1,17	144,27	48,87	1,17					219,60
	mtz-50						148,40							148,40
	yumz-6						2,47							197,60
	t-150k				50,92	2,47		103,17	2,47				36,1	197,60
	yto	19,00	72,00		139,00		73,95	81,45	73,95	1,95	72,00		72	605,30
	k-700a				77,72		3,77	167,47	3,77					246,50
	mtz-510				24,12		1,17	48,87	1,17					76,50
	Subtotal	19,00	72,00	0,00	315,88	3,64	374,03	392,13	130,23	6,89	72,00	0,00	108,1	1493,96
	limon													26,60
	t-150k													26,60

FIGURA 3. Selección del tipo de equipo en la celda “Equipos”.

		C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
10	boniato	belarus 892	1356,32	995,96	1038,24	695,52	506,80	786,52	928,48	922,32	710,64	1614,76	991,20	735,56	11282,32
42	otras hortalizas	belarus 892	80,54	84,18	41,44	77,56	31,92	31,92	354,48	171,64	334,60	173,60	116,48	57,1	1555,46
52	pepino	belarus 892	296,24	37,52					28,00						361,76
61	platano vianda	belarus 892	1568,28	3262,28	1651,16	3773,00	2327,08	1333,36	1130,36	290,08	105,00	172,76	261,52	289,52	16164,40
63	tomate	belarus 892	44,80					112,00							156,80
68	yuca	belarus 892	1337,84	619,92	991,76	2314,20	180,32	942,48	488,32	540,96	285,32	653,52	1651,16	1090,52	11096,32
77	malanga	belarus 892	2878,12	3617,52	2636,34	1424,36	2018,24	2234,32	1042,96	965,36	388,64	525,84	334,56	1134,26	19200,52
90	zanahoria	belarus 892							45,08	315,56	894,32	90,16	82,60	37,52	1465,24
102	tomate	belarus 892	112,84	60,20				112,84	642,04	1412,04	1797,32	315,84	787,64	898,24	6139,00
116	frijol	belarus 892						134,40	977,60	991,96	1117,96	513,48	132,68		3868,08
118	calabaza	belarus 892	684,04	420,84	278,04	428,12	198,80	165,20	159,20	188,16	37,52		246,12	631,96	3437,00
124	platano burro	belarus 892	138,60	94,36		15,12	2421,68	268,40		22,68	7,56		150,08	388,52	3507,00
128	platano fruta	belarus 892		375,76	120,40	601,16	811,72	134,20		59,92	48,72	37,52			2189,40
142	remolacha	belarus 892													0,00
159	aguacate	belarus 892				75,04	3,64		3,64	29,96				36	150,26
161	fruta bomba	belarus 892	19,00	45,36								151,20	139,84	106,4	611,88
163	guayaba	belarus 892			75,04	3,64	3,64	3,64	3,64				106,40	19	215,00
177	papa	belarus 892		234,00	329,00							4169,20	3794,00		8526,20
179	ajo	belarus 892							195,44	1945,72	2758,28			296,8	5196,24
196	aji pimiento	belarus 892							45,08	37,52			22,40		105,00
199	col	belarus 892	26,00					187,88	142,80	614,60	248,08		18,76	7,56	1247,68
201	cebolla	belarus 892	29,96					169,12	458,36	1014,44	1156,40	82,60	133,28	172,76	3216,92
214	otras frutas	belarus 892	37,52	37,52	37,52	37,52	37,52	37,52	52,64						277,76
234	mango	belarus 892	10,70										40,66		51,36
250	aji	belarus 892								15,12					15,12
264	TOTAL		37663,86	58365,64	53582,05	55580,92	51960,49	45002,81	32057,98	41495,30	62725,15	77739,48	60293,26	35249,16	611716,10
266	belarus 892		8622,80	9885,42	7198,94	9557,80	8578,88	6653,80	6624,04	9573,60	9927,88	8500,48	9009,38	5903,72	100036,74

FIGURA 4. Opción de selección del tipo de tractor en la celda “Equipos”.

4. Se realiza la sumatoria sobre la necesidad de combustible en cada mes para la marca de tractor seleccionado (Figura 4). Posteriormente se aplica el mismo procedimiento para el resto de los tractores, obteniéndose de esta manera la información sobre las necesidades de combustible (carga de trabajo) para

todos los tractores pertenecientes a las diferentes unidades productivas a las cuales se le prestara servicio.
5. Se realiza la programación de los medios mecanizados pertenecientes a la UEB Integral de Servicios Técnicos. Para ello, se parte del balance general de equipos, salida

que se obtiene como resultado de la consolidación de los balances de las diferentes unidades productivas de la empresa. A partir de esta información se programan los tipos de servicios a prestar y el volumen de los trabajos, dirigidos fundamentalmente al cumplimiento de las labores de preparación de tierras (subsolación, roturación, gradeo, nivelación, surcado), cultivo, siembra de papa y granos, labores de fumigación y aplicación de herbicidas. Como resultado de esta programación se obtiene la información sobre la necesidad de combustible de los diferentes equipos por cultivo.

Aplicando el procedimiento descrito en los puntos 1..4, se determina la carga de trabajo planificada de los tractores pertenecientes a la UEB Integral de Servicios Técnicos.

Metodología para el cálculo de la cantidad y el volumen de los trabajos de mantenimientos y reparaciones de los tractores

La metodología se basa en la regularidad de repetición de los mantenimientos técnicos numéricos (MT-1, MT-2, MT-3) durante el ciclo entre las reparaciones generales y tiene en cuenta que los MT-1 representan una parte del número total de mantenimientos. El cálculo mediante este método se realiza siguiendo la siguiente secuencia:

1. Se determina el número total (**n**) de actividades técnicas a realizar a un tractor o grupo de tractores de una misma marca durante un periodo.

Para ello se toman como datos iniciales la carga de trabajo planificada (en litros de combustible) de cada una de las marcas de tractores en explotación para el período que se realizó la programación de la explotación de la maquinaria tal y como se describió en el acápite anterior y las periodicidades establecidas para los mantenimientos técnicos No. 1 de dichas marcas de tractores. Una vez que se determinan estos datos, se procede entonces al cálculo de la cantidad total (**n**) de mantenimientos y reparaciones por cada marca de tractor mediante la siguiente expresión:

$$n = Q/R(1)$$

donde:

Q-Carga de trabajo de todos los tractores de una misma marca durante el período dado, L;

R-periodicidad del mantenimiento técnico No-1, L.

2. Determinación de la cantidad de mantenimientos y reparaciones por tipos.

Primeramente se seleccionan en la Tabla 1 los valores correspondientes a la probabilidad de ocurrencia de los mantenimientos y reparaciones por tipo de cada una de las marcas de tractores a los cuales se les planificarán los mantenimientos.

TABLA 1. Probabilidades de ejecución de los MT y reparaciones de las diferentes marcas de tractores

Tractor, marca	Valor de las probabilidades						Prc.	Prg.
	P1	P1A	P2	P2A	P3	P3A		
Para tractores fabricados hasta el año 1982								
YUMZ-6M	0,8	-	0,1	-	0,05	-	0,03	0,016
YUMZ-6M*	0,66	-	0,166	-	0,083	-	0,055	0,027
MTZ-80/82	0,75	-	0,125	0,062	0,0312	-	0,0208	0,0104
K-700	0,75	-	0,125	0,062	0,0312	-	0,0208	0,0104
T-150K	0,75	-	0,125	0,062	0,0312	-	0,0208	0,0104
DT-75	0,66	0,083	0,166	-	0,027	0,027	0,0138	0,0138
T-28X3	0,75	-	0,125	0,062	0,0312	-	0,0208	0,0104
T28X4	0,5	0,25	0,125	0,062	0,0312	-	0,0208	0,0104
T-25	0,75	-	0,125	0,062	0,0312	-	0,0104	0,0104
Para tractores con periodicidad entre MT de 125 - 500 y 1000 h								
MTZ-510, MTZ-510	0,75	-	0,125	-	0,0625	-	0,0416	0,0208
MTZ-890-892	0,75	-	0,125	-	0,0625	-	0,0416	0,0208
Para tractores con periodicidad entre MT de 50-250-500 y 1000 h								
Valtra-Valmet	0,8	-	0,066	-	0,033	-	0,022	0,011
Para tractores con periodicidad entre MT de 50-300-600 y 900 h								
New Holland	0,83	-	0,055	0,055	0,028	-	0,0185	0,0092

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se realiza el cálculo de la cantidad y tipos de mantenimientos técnicos y reparaciones, a partir de las expresiones:

$$n_1 = P_1 \cdot n \quad (2)$$

$$n_2 = P_2 \cdot n \quad (3)$$

$$n_3 = P_3 \cdot n \quad (4)$$

$$n_{corr} = P_{corr} \cdot n = P_{gen} \cdot n \quad (5)$$

donde:

$P_1, P_2, P_3, P_{corr}, P_{gen}$ -probabilidades de los MT.1, MT-2, MT-3 y las reparaciones corrientes y generales respectivamente;

$n_1, n_2, n_3, n_{corr}, n_{gen}$ -cantidad de MT-1, MT-2 y MT-3, reparaciones corrientes y generales respectivamente.

Al evaluar las expresiones anteriores se pueden obtener valores enteros con una parte fraccionaria. Si esta última es superior a 0,85, el valor obtenido se debe aproximar al valor entero inmediato superior, de lo contrario se aproximan al valor entero anterior.

Cálculo del volumen de los trabajos de mantenimientos y reparaciones

La determinación de los principales parámetros que caracterizan el régimen de trabajo de un taller puede realizarse sobre la base del volumen de trabajo que puede absorber el mismo en un periodo determinado. Para su cálculo se utiliza la expresión (6) donde aparecen, entre otros, los términos probabilidad de ocurrencia de los mantenimientos y laboriosidad de los trabajos.

$$V_t = n(L1P1 + L2P2 + L3P3 + LcPc + LgPg), \text{ hombre-h} \quad (6)$$

donde: L1, L2, L3, Lc, Lg -normas de laboriosidad establecidas para los MT-1, MT-2 y MT-3, reparaciones corrientes y generales respectivamente, para una marca dada de tractor(hombre-h); n - cantidad total de mantenimientos.

En el caso de la laboriosidad se pueden tomar como referencia los valores reflejados en la Tabla 2 (Daquinta, 2008). Aunque se recomienda utilizar los valores de laboriosidad propios de cada empresa en caso de existir estos. Para aquellas marcas de tractores donde se desconocen estos valores, se pueden tomar inicialmente como referentes las laboriosidades de aquellos tractores con características similares, incrementando estas hasta un 30%.

TABLA 2. Laboriosidad de los mantenimientos técnicos y reparaciones de los tractores, hombre-h

Tipo de equipo	MT-1	MT-2	MT-3	Reparación Corriente	Reparación General
T-150K	4,00	20,00	60,00	367	517
DT-75	3,00	15,00	65,00	257	366
MTZ-80/82	3,00	12,00	30,00	181	252
MTZ-550/560	3,00	12,00	30,00	204	292
YUMZ 6AM/KL	3,00	12,00	30,00	142	201
T-25	2,00	5,00	15,00	112	160
T-40A/N	4,00	10,00	32,00	86	123
T-28X4/X3	2,50	6,00	32,00	181	252
K-700/701	6,00	20,00	60,00	367	517

TABLA 3. Valores de las variables principales para el cálculo de los volúmenes de trabajo de los mantenimientos técnicos y reparaciones de los tractores

Marca del tractor	Clasificación (Según su Potencia)	Tipo de servicio técnico	Probabilidad P	Laboriosidad, hombre-h		Marca del tractor	Clasificación (Según su Potencia)	Tipo de servicio técnico	Probabilidad P	Laboriosidad hombre-h	
				L	P x L					L	P x L
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
YUMZ-6M	TRACTOR LIGERO	MT No1	0,8	3	2,4	K-700	TRACTOR PESADO	MT No1	0,75	6	4,5
		MT No 2	0,1	12	1,2			MT No 2	0,125	20	2,5
		MT No 3	0,05	30	1,5			MT No 2A	0,062	25	1,55
		RC	0,03	142	4,26			MT No 3	0,0312	60	1,87
		RG	0,016	201	3,22			RC	0,0208	467	9,71
								RG	0,0104	517	5,37
MTZ-80/82	TRACTOR LIGERO	MT No1	0,75	3	2,25	T-150K	TRACTOR PESADO	MT No1	0,75	4	3
		MT No 2	0,125	12	1,5			MT No 2	0,125	20	2,5
		MT No 2A	0,062	14..5	0,84			MT No 2A	0,062	25	1,55
		MT No 3	0,0312	30	0,94			MT No 3	0,0312	60	1,87
								RG	0,0104	517	5,37
MTZ-50 MTZ-510	TRACTOR LIGERO	MT No1	0,75	3	2,25	MTZ-890/892	TRACTOR MEDIO	MT No1	0,75	4,5	3,37
		MT No 2	0,125	12	1,5			MT No 2	0,125	18	2,25
		MT No 3	0,0625	30	1,88			MT No 3	0,0625	45	2,81
		RC	0,0416	142	5,91			RC	0,0416	213	8,86
		RG	0,0208	201	4,18			RG	0,0208	302	6,28

Fuente: Elaboración propia

Para facilitar el cálculo del volumen de trabajo, se elaboró la Tabla 3 donde se plasman los valores de los términos antes señalados, por marca de tractor y tipo de mantenimiento o reparación, así como los valores del volumen de trabajo el cual se obtuvo como producto de la multiplicación entre ambos. Para obtener la información de esta tabla, se procede tal y como se ilustra en el siguiente ejemplo:

- Si previamente se determinó que a un grupo de tractores MTZ-510 solo les corresponde en un periodo determinado los MT-1, MT-2 y MT-3, entonces, los volúmenes de estos trabajos, según la Tabla 3, serán: P1L1 = 2,25 hombre-h; P2L2= 1,50 hombre-h; P3L3= 1,88 hombre-h.

Al introducir los valores anteriores en la expresión (6) se obtiene:

$$V= Q/738(2,25 + 1,5 + 1,88) \text{ hombre-h}$$

Este procedimiento debe ser aplicado a todas las marcas de tractores en explotación. La suma de todos estos volúmenes permite determinar el volumen total de trabajo del taller.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al consolidar las programaciones para el año 2011 de todas las unidades productivas pertenecientes a la empresa mediante el programa AnaExplo se obtuvo como salidas un balance de equipos (Tabla 4) y las necesidades de combustible de los mismos (por marca) en los diferentes cultivos. Al trabajar sobre esta última salida, tal y como se describió con anterioridad, se determinó la carga de trabajo planificada (en litros de combustible) de los tractores pertenecientes a las diferentes unidades productivas, resultados que se muestran en la Tabla 5.

TABLA 4. Balance de equipos a nivel de empresa

Marca del tract.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Nec.	Exist.	Dif.
MTZ-50	0,25	0,15	0,14	0,33				0,14	0,81	1,97	0,00	0,03	2	2	0
MTZ-80	0,40	0,24	0,05	4,20				3,07	4,57	5,04	4,94	3,05	11	12	1
T-150K	1,76	4,30	3,03	0,52	0,74	0,72	0,10	0,19	1,83	1,08	0,21	0,04	3	1	-2
YUMZ-6	30,4	29,4	31,45	32,8	27,3	30,93	19,8	20,1	23,95	31,3	42,3	34,4	55	48	-7

TABLA 5. Carga de trabajo planificada (L) de los tractores de las unidades productivas

Marca del tractor	E.	F	M.	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
MTZ-50	616	344	362	792	947	489	126	256	1 933	4 509	0.00	89	10 463
MTZ-80	8 131	7 279	8 296	10 134	5 286	10 617	7 900	7 985	9 233	11 990	12 027	7 643	10 6820
T-150K	2 582	1 982	3 450	2 570	3 387	2 939	550	851	8 272	4 759	1 025	177	3 2544
YUMZ-6	59 434	54 473	61 021	66 647	55 308	52 826	38 242	38 121	46 859	62 708	78 165	72 005	68 5809

A partir de los resultados obtenidos en el balance de equipos a nivel de empresa (Tabla 3) y considerando que todas las labores de preparación de suelo (rotura, gradeo, subsolación, nivelación y surcado), la siembra de papa, granos así como las labores de fumigación y aplicación de herbicidas son asumidas por la Unidad Integral de Servicios Técnicos, se realiza el balance de los medios mecanizados de esta unidad, obteniéndose salidas similares a las antes mencionadas (Tablas 6 y 7).

TABLA 6. Balance de equipos de la UEB Integral de Servicios Técnicos

Marca del tractor	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Nec	Exist	Dif
Belarus 892	3,32	3,80	2,75	3,69	3,30	2,54	2,55	3,67	3,82	3,28	3,40	2,25	4	3	-1
K-700A	0,18	0,47	0,04	0,31	0,02	0,04	0,13	0,22	0,63	1,59	0,76	0,06	2	2	0
MTZ-50	3,11	5,06	3,67	5,22	4,33	4,23	2,21	2,96	5,17	4,79	5,24	4,30	6	5	-1
MTZ-510	1,95	2,28	2,26	2,01	1,48	1,70	1,15	1,38	2,10	2,06	2,29	1,44	3	2	-1
MTZ-80	2,62	3,91	3,88	3,93	4,11	3,75	2,68	3,84	4,18	4,02	4,03	3,11	5	4	-1
T-150K	1,19	1,57	2,24	1,26	2,41	1,32	1,11	1,05	1,82	4,02	2,73	1,81	4		-4
YUMZ-6	0,61	2,05	2,09	1,61	2,00	1,93	1,15	0,89	2,14	2,17	2,14	1,32	3	2	-1

TABLA 7. Carga de trabajo planificada (L) de los tractores de la UEB Integral de Servicios Técnicos

Marca del tractor	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Belarus 892	8 623	9 885	7 199	9 558	8 579	6 654	6 624	9 574	9 928	8 500	9 009	5 904	10 0037
K-700A	1 146	2 951	233	1 978	117	276	801	1 395	3 962	10 008	4 773	368	28 008
MTZ-50	7 761	12 641	9 294	12 990	10 617	10 548	5 654	7 396	12 919	11 792	11 112	7 157	11 9881
MTZ-510	5 140	5 733	6 170	5 842	3 713	5 127	3 289	3 999	5 930	6 156	6 688	3 439	61 224
MTZ-80	6 080	9 207	9 025	9 402	9 406	8 492	6 268	8 887	10 109	10 083	7 495	4 298	98 753
T-150K	5 855	7 974	11 725	6 316	12 248	6 557	5 510	5 210	9 042	19 692	13 293	9 318	112 742
YUMZ-6	1 449	4 957	4 883	3 593	4 468	4 439	2 516	2 016	5 266	5 540	4 570	3 118	46 815

El proceso de cálculo de la cantidad total y el volumen de los servicios de mantenimientos y reparaciones a prestar por el taller objeto de estudio se divide en tres etapas:

1. Determinación de los tipos de mantenimientos y reparaciones a realizar a los tractores pertenecientes a las unidades productivas (MT-2, MT-3, RC y RG).

Para ello se utiliza la información reflejada en la Tabla 4 y los valores de periodicidad para el MT-1 de cada marca de tractor analizado. Al sustituir estos valores en la expresión (1) se obtuvo la cantidad total de actividades a ejecutar en el año para cada marca de tractor. Estos resultados se muestran en la Tabla 8.

TABLA 8. Cantidad total de MT y reparaciones de los tractores de las unidades productivas

Marca del tractor	MTZ-50	MTZ-80	T-150K	YUMZ-6
Cantidad total de MT y reparaciones	14	168	23	906

Posteriormente se calculan las cantidades totales de mantenimientos y reparaciones por tipo mediante las expresiones

(2...5), utilizando los valores obtenidos en la tabla anterior y la probabilidad de ocurrencia de cada tipo de mantenimientos y reparaciones. Los resultados se muestran en la Tabla 9.

TABLA 9. Cantidad total de MT y reparaciones por tipo de los tractores de las unidades productivas

Tipos de MT y reparaciones	MTZ-50	MTZ-80	T-150K	YUMZ-6
MT-2	2	21	3	91
MT-2 A	-	10	1	-
MT-3	1	5	0	45
RC	0	3	0	27
RG	0	2	0	14

2. Determinación de los tipos de mantenimientos y reparaciones a realizar a los tractores pertenecientes a la UEB Integral de Servicios Técnicos (MT-1, MT-2, MT-3, RC y RG).

Utilizando la información reflejada en la Tabla 7 y procediendo de manera análoga al punto uno, se obtiene la siguiente información (Tablas 10 y 11):

TABLA 10. Cantidad total de MT y reparaciones de los tractores de la UEB Integral

Marca del tractor	MTZ-50	MTZ 510	MTZ 80	BELARUS 892	YUMZ-6	T-150K	K-700
Cantidad total de MT y reparaciones	162	83	155	83	62	78	15

TABLA 11. Cantidad total de MT y reparaciones por tipo de los tractores de la UEB Integral

Tipos de MT y reparaciones	MTZ-50	MTZ 510	MTZ-80	BELARUS 892	YUM-6	T-150K	K-700
MT-1	121	62	116	62	49	58	11
MT-2	20	10	19	10	6	9	2
MT-2 A	-	-	9	-	-	5	1
MT-3	10	5	5	5	3	2	0
RC	6	3	3	3	2	1	0
RG	3	3	1	3	1	0	0

El total de actividades a realizar por el taller de la UEB Integral de Servicios Técnicos para el año 2011, será la suma de los servicios de mantenimientos y reparaciones a prestar al parque de tractores de las unidades productivas de la empresa más los que debe realizar a su propio parque. Estas cantidades por tipo de actividad se reflejan en la Tabla 12.

TABLA 12. Total de servicios de MT y reparaciones a prestar por la UEB Integral. Año 2011

Tipos de MT y reparaciones	MTZ-50	MTZ -510	MTZ-80	BELARUS 892	YUM-6M	T-150K	K-700	Total
MT-1	121	62	116	62	49	58	11	479
MT-2	22	10	40	10	97	12	2	193
MT-2 A	-	-	19	-	-	6	1	26
MT-3	11	5	10	5	48	2	0	81
RC	6	3	6	3	29	1	0	48
RG	3	3	3	3	15	0	0	27
Totales	163	83	194	83	238	79	14	854

3. Cálculo del volumen de los trabajos de mantenimientos y reparaciones
El cálculo se realiza mediante la expresión (6) y de manera individual para cada marca de tractor. Para obtener los valores

correspondientes de cada una de las variables contempladas en dicha expresión, se utiliza la Tabla 3. Al sustituir los valores correspondientes en la expresión antes señalada se obtienen los resultados reflejados en la Tabla 13.

TABLA 13. Volúmenes de los trabajos de mantenimientos y reparaciones por marca de tractor

Marca del tractor	Valores de las variables	Volumen de trabajo, hombre-hora
MTZ-50	$V_t = 163(2.25 + 1.5 + 1.88 + 5.91 + 4.18)$	2 578,08
MTZ-510	$V_t = 83(2.25 + 1.5 + 1.88 + 5.91 + 4.18)$	1 304,76
MTZ-80	$V_t = 194(2.25 + 1.5 + 0.84 + 0.94 + 2.95 + 2.09)$	2 082,29
BELARUS 892	$V_t = 83(3,37 + 2,25 + 2,81 + 8,86 + 6,28)$	1 956,31
YUMZ-6 M	$V_t = 238(2,4 + 1,2 + 1,5 + 4,26 + 3,22)$	3 056,94
T-150K	$V_t = 79(3 + 2,5 + 1,55 + 1,87 + 9,71)$	1 490,40
K-700	$V_t = 14(4,5 + 2,5 + 1,55)$	128,25
Totales		12 597,03

A este volumen total se debe incrementar en un 20%, teniendo en cuenta los trabajos no planificados (reparaciones imprevistas de los tractores y solicitudes de servicios de mantenimiento o reparaciones por parte de propietarios individuales). Por tanto, el volumen total de trabajo será de 15 116,44 hombre-hora.

CONCLUSIONES

- Como resultado de la validación del procedimiento metodológico desarrollado se determinó, para el año 2011, la

carga de trabajo planificada de los tractores (por marcas) a los cuales se le prestarán los servicios de mantenimiento y reparaciones en la UEB Integral de Servicios tomada como referencia, lo que posibilitó calcular la cantidad y tipos de estos servicios, así como el volumen de los trabajos.

- Mediante la aplicación del procedimiento metodológico desarrollado se pueden elaborar las propuestas científicamente fundamentadas sobre la organización de los trabajos en las UEB de Servicios Técnicos y determinar la logística necesaria para el cumplimiento de los trabajos de mantenimientos y reparaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUERREBERE, G. S.: *Análisis del uso de los combustibles y lubricantes en la agricultura y las vías para el perfeccionamiento de su uso racional*, Ed. AGRINFOR-MINAG, La Habana, Cuba, 1980.
- ATA, V. R. y H. B. LAJUD: *Estudio para el perfeccionamiento del indicador de consumo horario de combustible empleado en la planificación de los mantenimientos técnicos del tractor YUMZ-6M*(Informe de Investigación), Instituto de Investigaciones de la Mecanización Agropecuaria, La Habana, Cuba, 1988.
- DE LA GUARDIA, M.: *Explotación de la Maquinaria Agrícola*, Ed. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1973.
- DINAME. *Metodología para la confección del plan de mantenimientos técnicos y reparaciones de la maquinaria agrícola*, La Habana, Cuba, Vig. 1983.
- MINAG: *Boletín Informativo Servicios Agropecuarios*, Ed. AGRINFOR-MINAG, La Habana, Cuba, 1987.
- SHKILIOVA, L. y M. FERNÁNDEZ: Cálculo del volumen, duración y cantidad de mantenimientos técnicos y reparaciones por el método probabilístico, En: **Memorias de Agromec'2007**, Universidad Agraria de la Habana, Cuba, 2007.
- SOTTO, B. P.: *Sistema Integral para la planificación y el control de la explotación de los medios mecanizados en la producción agrícola*, **Tesis (en opción al grado de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias)**, Centro de Mecanización Agropecuaria, Universidad Agraria de La Habana, La Habana, Cuba, 2008.
- SOTTO, P.; N. FUENTES; D. LORA; R. SALVA y M. WONG: *Manual de usuario del CEMaq*, Ed. IIMA-MINAG, La Habana, Cuba, 2004.
- SOTTO, P.; N. FUENTES; D. LORA; R. SALVA; M. WONG y M. BRIZUELA: *Maquinaria Agrícola. Programación y control de su explotación*. CEMaq, Ed. Agencia de Información y Comunicación para la Agricultura (AGRINFOR)-MINAG, La Habana, Cuba, 2006.
- SOTTO, P.; R. SALVA y F. OJEDA: *Metodología para la programación de la maquinaria y el control de su explotación*, Ed. IIMA-MINAG, La Habana, Cuba, 2003.

Recibido: 12 de octubre de 2011 / **Aprobado:** 22 de diciembre de 2012.

Manuel Fernández Sánchez, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola. Carretera Fontanar Wajay, km 2½, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba, teléfonos: (53-7) 645-1731, 645-1353, Correo electrónico: manuel@iagric.cu

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.