

Part III: Llançaments - Tema 11

DISC

El llançament de disc és una de les proves atlètiques més antigues i, possiblement, la més representativa del món clàssic degut a la gran quantitat de referències que podem trobar en l'art i la literatura. Quan s'executa correctament és una de les proves de l'atletisme de més plasticitat i bellesa.



Figura 1. El canari Mario Pestano (1.95 m/120 kg), 69.50 m en 2008.

1. HISTÒRIA

El llançament de disc deriva del llançament de l'escut en el qual s'exercitaven Aquil·les i Pàtrocle; coneixem el rècord gràcies a Phayllos (27.17 m), encara que desgraciadament no tenim dades de quant pesava el disc.

Igual que la javelina, formava part del Pentatló als Jocs Olímpics de l'antiguitat des de l'any 708 a.C. Era practicat no només pels grecs, sinó també per etruscs i romans.

En els museus d'Olímpia, Atenes i Londres es conserven alguns exemplars de discos trobats en excavacions arqueològiques. Els materials que s'utilitzaven per a la seva construcció podien ser molt diferents: pedra, fusta, bronze o plom. Les seves dimensions també podien ser molt variades: de 20 a 36 cm de diàmetre, de 1.3 a 6.5 Kg de pes, sent cinc vegades més gruixut pel centre que per la vora, generalment protegida per una llanda.



Figura 2: El discòbol de Myron.

Segons els autors clàssics Pausànies i Filòstrat, les dimensions i el pes variaven en funció de l'edat i la força dels atletes. No obstant això, per als Jocs, tots els competidors utilitzaven el mateix disc. La distància es mesurava en peus fins al punt d'aterratge indicat per una fletxa. Diversos poetes van descriure l'extraordinària proesa de Faíl·los de Crotona que l'any 478 a.C. va llançar un disc de 5,250 kg a una distància de 95 peus (29 m aproximadament).

Amb la prohibició dels Jocs Olímpics per l'emperador cristià d'origen ibèric Teodosi I, l'any 394 d.C., no tenim referències històriques d'aquest llançament fins a les temptatives olímpiques de 1859 i 1870, excepte puntualment en dues ocasions (segons Gaston Meyer, 1962): en 1414 en una escola de Màntua (Itàlia) i, també, entre 1774 i 1784 a Suïssa i, altra vegada, Itàlia.

Els organitzadors grecs dels I-JJOO moderns (Atenes-1896) van imposar la inclusió d'aquesta prova en el calendari competitiu amb un disc de 1.923 Kg i amb l "estil hel·lènic" recolzant-se en textos clàssics.

El reglament d'aquesta prova va ser concebut a partir d'una mala interpretació de la postura del discòbol de Myron (Fig. 2) obligant a llançar des del "balbis", una plataforma rectangular (80 x 70 cm) sobrelevada del sòl i amb una lleugera pendent; a causa de les seves reduïdes dimensions, es limitaven les possibilitats dels atletes. Es llançava des d'aturat, començant d'esquena a la direcció del llançament, els peus no podien perdre contacte amb el terra i el cos col·locat en posició vertical (Figura 3). El primer campió olímpic va ser el nord-americà Robert S. Garret amb 29.15 m (Fig. 4).

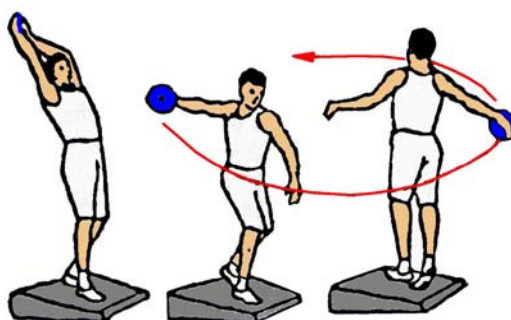


Figura 3: Llançament amb l'estil hel·lènic.

El llançament de disc modern, tal com el coneixem actualment, té el seu origen a Centre-Europa. En efecte, en l'últim quart de segle XIX, en el vell continent s'utilitzava l'anomenat "estil lliure" molt més natural i que permetia l'assoliment de millors resultats. En convertir-se en prova olímpica, entre 1896 i 1903, apareix per primera vegada en els campionats nacionals de Suècia, Noruega, Hongria, Alemanya i Estats Units.

En els Jocs de Londres-1908 es van realitzar dues competicions de disc, una per a cada estil, guanyant totes dues el nord-americà Martin Sheridan amb 37.99 i 40.89 m amb els estils hel·lènic i lliure respectivament. De la lluita d'aquests dos estils, com és lògic per estar menys limitat, va sortir vencedor l'estil lliure, que tot i evolucionar amb moltes tendències, són dues les més importants:

- La tècnica en onada i
- La tècnica en espiral.



Figura 4: Robert S. Garret (USA).

La **tècnica en ona** es tractava ja d'un llançament amb impuls en el que l'atleta es col·locava a la part posterior del cercle, de perfil en relació a la direcció del llançament, i avançava sobre aquesta trajectòria amb les cames més o menys flexionades, imprimint al braç llançador un moviment que descrivia al voltant del cos dues corbes descendents i ascendents la forma semblava el perfil d'una ona marina (d'aquí el seu nom). El llarg camí recorregut pel disc ofería un avantatge tècnica indiscutible, per contra, la velocitat d'execució era molt baixa com a conseqüència de la forma mateixa del gest.

En la **tècnica en espiral** la posició inicial era també de perfil, però aquí el braç llançador era contínuament arrossegat pel tronc. El disc seguia una corba ascendent des del principi fins al final. Era una tècnica molt propera a l'actual, però no es va imposar ràpidament i va conviure amb la "tècnica en ona" durant molts anys. Millorant la tècnica en espiral, a finals dels anys 30 i principis dels 40 del segle XX els italians (Giorgio Oberweger i Adolfo Consolini) van popularitzar el llançament amb sortida d'esquena a

la direcció final de l'artefacte i amb els peus paral·lels, estant l'esquerre una mica més endarrerit.

El nord-americà Al Oerter (1.92/106), campió olímpic a Melbourne-56, Roma-60, Tòquio-64 i Mèxic-68 (amb rècord olímpic en les quatre ocasions), presentava com a característica tècnica una marcada inclinació del tronc cap endavant durant tot el gir, amb la intenció d'allargar la trajectòria del disc i deixant molt endarrerit el braç llançador per aconseguir una major acceleració final. Oerter també va batre el rècord mundial en quatre ocasions: 61.10 i 62.45 (1962), 62.62 (1963) i 62.94 (1964). Després de Mèxic i causa de les lesions, va abandonar la competició durant vuit anys per tornar de nou a 1977, arribant a llançar 69.46 m en 1980 amb 44 anys d'edat.

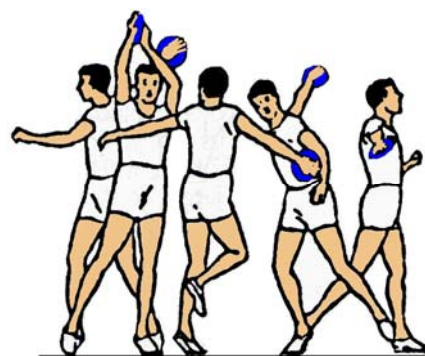


Figura 5: Tècnica en ona.



Figura 6: El tetracampió olímpic Al Oerter (USA).

A Tòquio-64 patia una lesió de cervicals que l'obligava a portar un collarí. A mesura que s'acostaven els Jocs, empitjorava ja que patia també un esquinç de cartílags de la part inferior de la caixa toràcica molt més dolorosa que l'altra lesió, els metges li van desaconsellar competir doncs necessitava sis mesos per recuperar-se. A més a Tòquio es va enfrontar a altres quatre ex-recordmans mundials: Silvester, Danek, Piatkowski i Truseniov. Però Oerter va tornar a guanyar amb nou rècord olímpic.

Com en altres llançaments, fins a la I Guerra Mundial, es feien competicions amb una i altra mà. En els V Jocs de Estocolm-1912, amb aquesta modalitat, va vèncer Armes Taipale (FI) 82.86 m (45.21 m amb la mà dreta i 37.65 m amb l'esquerra). A la Taula 1 apareixen els campions olímpics moderns.

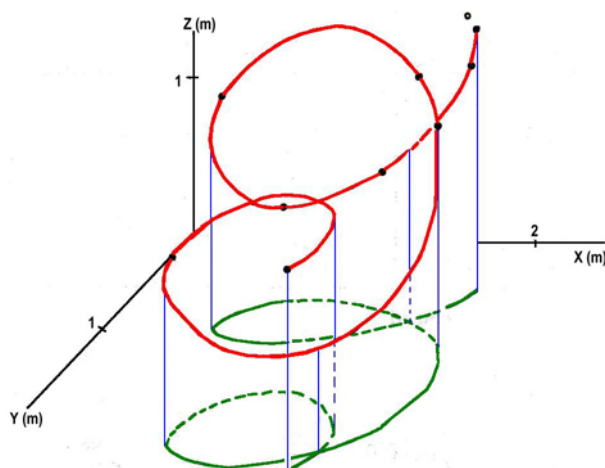


Figura 7: Trajectòria del disc en la tècnica en espiral.

Taula 1: Els campions olímpics en llançament de disc.

E. Helénico	29.15 m	Robert S. Garret	USA	I - ATENES - 1986		
E. Libre	36.04 m	Rudolf Bauer	HUN	II - PARIS - 1900		
E. Libre	39.28 m	Martin S. Sheridan	USA	III - SANT LOUIS - 1904		
E. Helénico	37.99 m			III - LONDRES - 1908		
E. Libre	40.89 m	Armas R. Taipale	FIN	V - ESTOCOLM - 1912		
E. Libre	45.21 m			VI - BERLÍN - 1916		
Dos manos	82.86 m	Elmer Niklander	FIN	VII - ANVERS - 1920		
I Guerra Mundial				VIII - PARIS - 1924		
	44.68 m	Clarence Houser	USA	IX - AMSTERDAM - 1928		
	46.15 m			X - LOS ANGELES - 1932		
	47.32 m	John F. Anderson	USA	XI - BERLÍN - 1936	39.62 m Halina Konopacka POL	
	49.49 m	Kenneth Carpenter	USA	XII - HELSINKI - 1940	40.58 m Lillian Copeland USA	
	50.48 m	II Guerra Mundial		XIII - LONDRES - 1944	47.36 m Gisela Mauermayer GER	
	57.78 m	Adolfo Consolini	ITA	XIV - LONDRES - 1948	II Guerra Mundial	
	55.03 m	Sim Garland Iness	USA	XV - HELSINKI - 1952		
	56.36 m	Alfred A. Oerter Jr.	USA	XVI - MELBOURNE - 1956		41.92 m Micheline O.M. Ostermeyer FRA
	59.18 m			XVII - ROMA - 1960		51.42 m Nina Romashkova URS
	61.00 m			XVIII - TÓQUIO - 1964		53.69 m Olga Fikotova TCH
	64.78 m			XIX - MÉXIC - 1968		55.10 m Nina Romashkova URS
	64.40 m	Ludvik Danek	TCH	XX - MUNIC - 1972		57.27 m Tamara Press URS
	67.50 m	Mac Wilkins	USA	XXI - MONTREAL - 1976		58.28 m Lia Manoliu ROM
	66.64 m	Viktor Rashchupkin	URS	XXII - MOSCOU - 1980		66.62 m Faina Melnik URS
	66.60 m	Rolf Danneberg	FRG	XXIII - LOS ANGELES - 1984		69.00 m Evelin Schlaak GRD
	68.82 m	Jürgen Schult	DDR	XXIV - SEÜL - 1988	69.96 m	
	65.12 m	Romas Ubartas	LTU	XXV - BARCELONA - 1992	65.36 m Ria Stalman HOL	
	69.40 m	Lars Riedel	GER	XXVI - ATLANTA - 1996	72.30 m Martina Hellmann GDR	
	69.30 m	Virgilijus Alekna	LTU	XXVII - SYDNEY - 2000	70.06 m Tsvetanka Khristova BUL	
	69.89 m Virgilijus Alekna	LTU	XXVIII - ATENES - 2004	69.66 m Ilke Wyludda GER		
	68.82 m	Gerd Kanter	EST	XXIX - PEQUÍN - 2008	68.40 m Ellina Zvereva BLR	
					67.02 m Natalya Sadova RUS	
					64.74 m Stephanie Trafton USA	

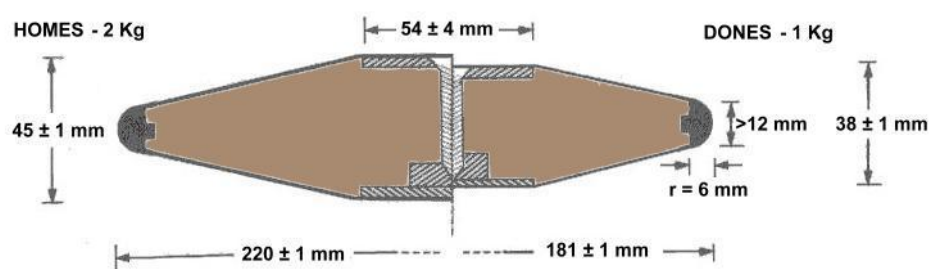


Figura 8: Dimensions reglamentàries del disc.

El Reglament de la prova ha evolucionat des dels inicis competitiu. En l'actualitat el pes del disc en la categoria absoluta és de 1 i 2 Kg per a dones i homes respectivament.

A la Figura 8 apareixen les dimensions del disc, tant per als homes com per a les dones i en la Figura 9 es detallen les dimensions del cercle de llançament a tenir en compte. La superfície del disc ha de ser llisa, el cos sòlid o buit i ha de ser de fusta o un altre material apropiat, amb una llanda o anell de metall, la vora del qual ha de ser circular.

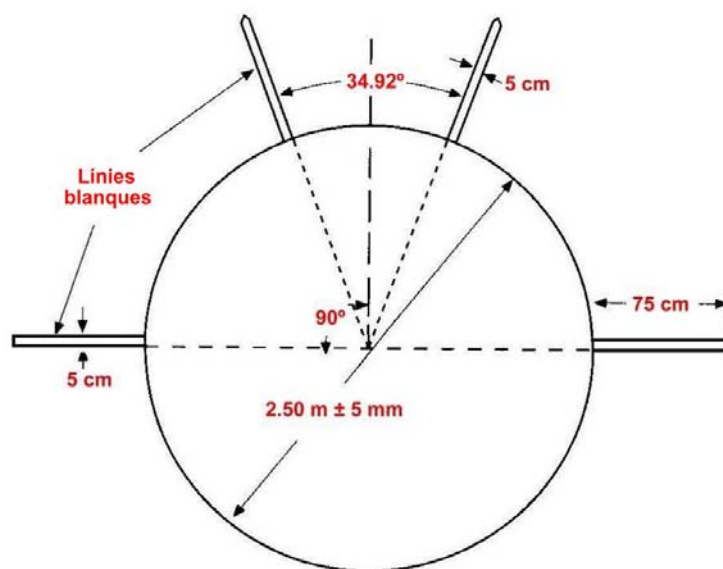


Figura 9: Dimensions reglamentàries del cercle per al llançament de disc.

2. CARACTERÍSTIQUES DELS LLANÇADORS DE DISC.

La distància que aconseguix el disc, igual que succeeix en els altres llançaments, està determinada per la velocitat, l'alçada i l'angle de sortida de l'artefacte. Però, després de la descàrrega de la mateixa manera que en la javelina, el vol de l'artefacte està influenciat pels factors aerodinàmics que afecten la trajectòria balística teòrica.

El factor de rendiment més important és la Velocitat de llançament, que dependrà de les forces exercides durant l'espai recorregut i el temps necessari per fer-ho. La força ve aplicada pel major nombre de músculs que es van incorporant gradualment a la feina per aconseguir la màxima velocitat de sortida de l'artefacte (coordinació seqüencial d'impulsos parcials). L'espai sobre el qual actuen les forces ha de ser el major possible i es coneix com a "camí d'impulsió" i és el recorregut de l'artefacte durant el qual l'atleta actua sobre el disc accelerant-ho. El temps d'actuació de les forces o, el que és el mateix, la durada de les diferents fases del llançament, determinen un RITME que té per objectiu el d'imprimir al disc la màxima velocitat possible en el moment de la descàrrega.

En el llançament, la tria d'un bon ritme és determinant per a un bon resultat, l'adequada elecció de la velocitat de gir ha de desembocar en una velocitat màxima de projecció del disc. El ritme es va adaptant segons progressa la condició de l'atleta i la seva importància s'incrementa a mesura que millora el rendiment. Començar massa ràpid, en relació a les possibilitats individuals, altera la relació tensió-decontracció, no produint-se una correcta successió en les intervencions musculars que es reflecteix en la velocitat final del disc. Començar massa lent provocaria que la resistència a la força d'inèrcia en el final fos molt elevada, convertint l'exercici gairebé en un llançament des d'aturat. El ritme en la primera part de l'execució és LLARG amb una breu fase de suspensió i un final accelerat.

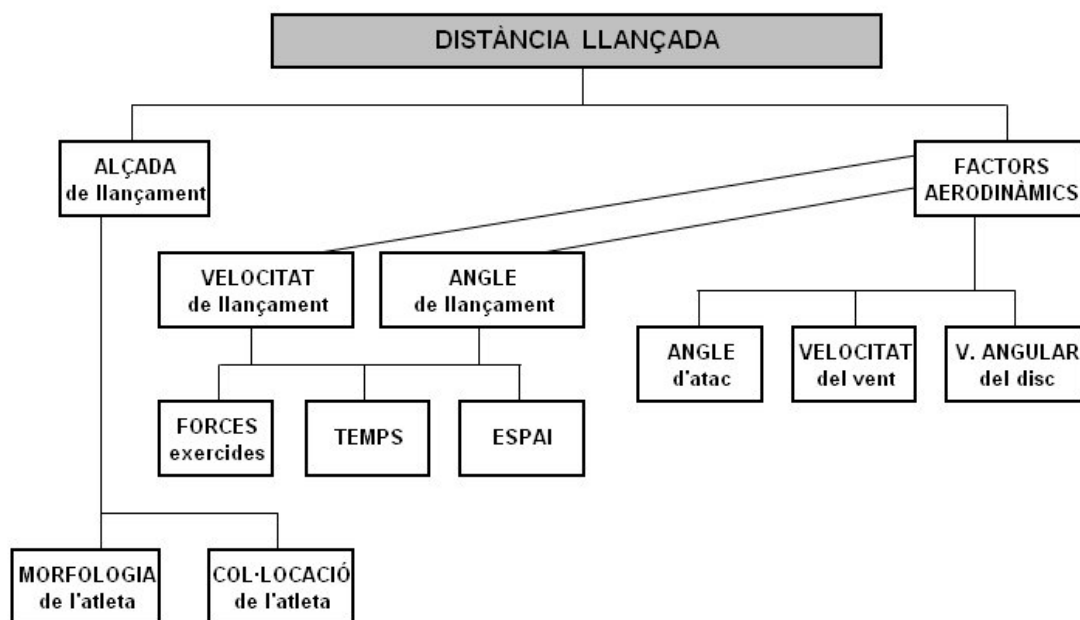


Figura 10: Variables biomecàniques de rendiment en el llançament de disc.

Els llançadors de disc i pes són els veritables gegants de l'atletisme. La mitjana de l'alçada i el pes dels millors llançadors de disc hi han augmentat en els últims 30 anys al voltant de 10 cm i 15 kg respectivament; presentant els atletes palanques més llargues que permeten un major recorregut del disc i, per tant, augmentar la velocitat de llançament. A la Taula 2 apareixen les mitjanes d'edat i de les característiques antropomètriques senzilles dels 50 millors llançadors de la història.

Els llançadors de disc presenten l'habilitat i la coordinació necessàries per executar simultàniament un moviment de rotació i un altre de translació avançant pel cercle de llançament mantenint l'equilibri. Presenten també un gran desenvolupament de la força explosiva i la capacitat de generar força elàstica (reactiva) per la distorsió entre els eixos de malucs i espatlles. Finalment, per aconseguir resultats d'alt nivell, a més han de tenir un gran sentit del ritme.

Taula 2: Edat i característiques antropomètriques senzilles dels 50 millors llançadors mundials de disc (fins 31-12-2010).

	Edat (anys)	Alçada (cm)	Pes (Kg)	Ind. M.C. (Kg/m²)
Homes	29 ± 4	194 ± 5	117 ± 9	31 ± 2
Dones	27 ± 4	179 ± 5	90 ± 8	28 ± 3



Figura 11: Kinograma del llançament de disc i les seves fases.

Rànquing Mundial de tots els temps

DISC Homes

tancat el 31-DESC-10

		<u>Atleta</u>	<u>País</u>	<u>Naix.</u>	<u>Lloc</u>	<u>Data</u>	<u>Edat</u>	<u>Alçada</u>	<u>Pes</u>	<u>Índ. M.C.</u>	<u>Pes</u>	<u>Altres</u>
1	74,08 WR	Jürgen Schult	DDR	11-5-60	Neubrandenburg	6-jun-86	26,1	1,93	110	29,53	17,45	
2	73,88	Virgilijus Alekna	LTU	13-2-72	Kaunas	3-ago-00	28,5	2,00	130	32,50	19,99	
3	73,38	Gerd Kanter	EST	6-5-79	Helsingborg	4-sep-06	27,4	1,96	120	31,24	17,31	
4	71,86 WR	Yuriy Dumchev	RUS	5-5-58	Moscou	29-may-83	25,1	2,00	128	32,00		
5	71,70	Robert Fazekas @	HUN	18-8-75	Szombathely	14-jul-02	26,9	1,93	105	28,19	14,07	M - 75,33
6	71,50	Lars Riedel	GER	28-6-67	Wiesbaden	3-may-97	29,9	1,99	110	27,78	15,93	J - 61,14
7	71,32	Ben Pluncknett @	USA	13-4-54	Eugene	4-jun-83	29,2	2,01	124	30,69	20,40	
8	71,26	John Powell	USA	25-6-47	San José	9-jun-84	37,0	1,88	110	31,12		
	71,26	Rickard Bruch	SWE	2-7-46	Malmö	15-nov-84	38,4	1,98	124	31,63		
	71,26	Imrich Bugár	CZE	14-4-55	San José	25-may-85	30,1	1,96	120	31,24	15,46	
11	71,18	Art Burns	USA	19-7-54	San José	19-jul-83	29,0	1,86	114	32,95		
12	71,16 WR	Wolfgang Schmidt	DDR	16-1-54	Berlin	9-ago-78	24,6	1,99	110	27,78	20,13	
13	71,14	Anthony Washington	USA	16-1-66	Salinas	22-may-96	30,4	1,86	109	31,51		M - 59,58
14	71,06	Luis Mariano Delis @	CUB	6-12-57	L'Habana	21-may-83	25,5	1,85	106	30,97		
15	70,98	Mac Wilkins	USA	15-11-50	Helsinki	9-jul-80	29,7	1,93	115	30,87	21,06	J-78,44 / M-63,66
16	70,82	Aleksander Tammert	EST	2-2-73	Denton, TX	15-abr-06	33,2	1,96	126	32,80	18,41	M - 52,09
17	70,54	Dmitriy Shevchenko @	RUS	13-5-68	Krasnodar	7-may-02	34,0	2,00	140	35,00	17,94	
18	70,38 WR no	Jay Silvester	USA	27-8-37	Lancaster	16-may-71	33,7	1,89	104	29,11	18,53	
19	70,32	Frantz Kruger	RSA	22-5-75	Salon de Provence	26-may-02	27,0	2,03	125	30,33		
20	70,06	Romas Ubartas @	LTU	26-5-60	Smalininkay	8-may-88	28,0	2,02	123	30,14	18,52	
21	70,00	Juan Martínez Brito @	CUB	17-5-58	L'Habana	21-may-83	25,0	1,86	122	35,26	15,98	
22	69,95	Zoltán Kovágó	HUN	10-4-79	Salon de Provence	25-may-06	27,1	2,04	127	30,52	15,93	
23	69,91	John Godina	USA	31-5-72	Salinas	19-may-98	26,0	1,93	129	34,63	22,02	
24	69,90	Jason Young	USA	27-5-81	Lubbock, TX	26-mar-10	28,8	1,85	116	33,89		M - 58,83
25	69,83	Piotr Malachowski	POL	7-6-83	Gateshead	10-jul-10	27,1	1,94	125	33,21		
26	69,70	Géjza Valent	CZE	3-10-53	Nitra	26-ago-84	30,9	1,96	120	31,24		
27	69,69	Robert Harting	GER	18-10-84	Neubrandenburg	28-ago-10	25,9	2,01	115	28,46	18,63	
28	69,62	Knut Hjeltnes @	NOR	8-12-51	San José	25-may-85	33,5	1,92	120	32,55		
	69,62	Timo Tompuri	FIN	9-6-69	Helsingborg	8-jul-01	32,1	1,89	117	32,75		
30	69,50	Mario Pestano	ESP	8-4-78	Sta. Cruz T.	27-jul-08	30,3	1,95	120	31,56	18,75	
31	69,46	Al Oerter	USA	19-9-36	Wichita	31-may-80	43,7	1,92	106	28,75		
32	69,44	Georgiy Kolnootchenko	BLR	7-5-59	Indianapolis	3-jul-82	23,2	1,97	105	27,06		
	69,44	Adam Setliff	USA	15-12-69	La Jolla	21-jul-01	31,6	1,93	125	33,56		
34	69,40	Art Swarts @	USA	14-2-45	Scotch Plains	8-dic-79	34,8	1,93	106	28,46		
35	69,36	Mike Buncic	USA	25-7-62	Fresno	6-abr-91	28,7	1,93	111	29,80	19,53	
36	69,32	Ehsan Hadadi	IRI	20-1-85	Tallinn	3-jun-08	23,4	1,98	115	29,33		
37	69,28	Vladimir Dubrovshchik	BLR	7-1-72	Stayki	3-jun-00	28,4	1,91	115	31,52	17,47	
38	69,26	Ken Stadel	USA	19-2-52	Walnut	16-jun-79	27,3	1,96	113	29,41		
39	68,91	Ian Waltz	USA	15-4-77	Salinas, CA	24-may-06	29,1	1,86	122	35,26	20,10	
40	68,90	Jean Claude Retel	FRA	11-2-68	Salon de Provence	17-jul-02	34,5	1,93	110	29,53		
41	68,88	Vladimir Zinchenko	UKR	25-7-59	Dnepropetrovsk	16-jul-88	29,0	1,92	115	31,20	19,37	
42	68,64	Dmitriy Kovtsun @	UKR	29-9-55	Riga	6-jul-84	28,8	1,91	116	31,80		
43	68,58	Attila Horváth	HUN	28-7-67	Budapest	24-jun-94	26,9	1,94	117	31,09	17,55	M - 65,64
44	68,52	Igor Duginyets	UKR	20-5-56	Kiev	21-ago-82	26,3	1,96	100	26,03		
45	68,50	Armin Lemme	DDR	28-10-55	Karl-Marx-Stadt	10-jul-82	26,7	1,99	115	29,04		
46	68,49 A	Casey Malone	USA	6-4-77	Fort Collins, CO	20-jun-09	32,2	2,03	109	26,45		
47	68,48 WR	John van Reenen	RSA	26-3-47	Stellenbosch	14-mar-75	28,0	2,02				
48	68,46	Andy Bloom	USA	11-8-73	La Jolla	25-mar-00	26,6	1,85	125	36,52	21,82	
49	68,44	Vaclav Kidykas	LTU	17-10-61	Sochi	1-jun-88	26,6	1,97	118	30,41	18,33	
	68,44	Jarred Rome	USA	21-12-76	Salinas, CA	22-may-08	31,4	1,94	140	37,20	20,40	
70,10							Promig	29,4	1,94	117	31	
1,38							Desviació estàndard	3,9	0,05	9	2	
							Màxim	43,7	2,04	140	37	
							Mínim	23,2	1,85	100	26	
66,64	100°											
64,98	200°											
63,78	300°											

Estats Units 17 atletes
Alemanya 5
Lituània - Hongria - Ucraïna 3

Rànquing Mundial de tots els temps

DISC Dones

tancat el 31-DES-10

		<u>Atleta</u>	<u>País</u>	<u>Naix.</u>	<u>Lloc</u>	<u>Data</u>	<u>Edat</u>	<u>Alçada</u>	<u>Pes</u>	<u>Índ. M.C.</u>	<u>Pes</u>	<u>Altres</u>
1	76,80	WR	Gabriele Reinsch	DDR	23-09-63	Neubrandenburgo	9-jul-88	24,8	1,88	89	25,18	17,45
2	74,56	WR	Zdenka Silhavá @	CZE	15-06-54	Nitra	26-ago-84	30,2	1,78	85	26,83	21,05
	74,56		Ilke Wyludda	DDR	28-03-69	Neubrandenburgo	23-jul-89	20,3	1,85	97	28,34	20,23
4	74,08		Diana Gansky	DDR	14-12-63	Karl-Marx-Stadt	20-jun-87	23,5	1,84	92	27,17	
5	73,84		Daniela Costian @	ROM	30-04-65	Bucarest	30-abr-88	23,0	1,82	87	26,26	16,24
6	73,36	WR	Irina Meszynski	DDR	24-03-62	Praga	17-ago-84	22,4	1,78	100	31,56	
7	73,28		Galina Savinkova	RUS	15-07-53	Donetsk	8-sep-84	31,2	1,82	98	29,59	
8	73,22		Tsvetanka Khristova @	BUL	14-03-62	Kazanlak	19-abr-87	25,1	1,75	80	26,12	
9	73,10		Gisela Beyer	DDR	16-07-60	Berlin	20-jul-84	24,0	1,78	94	29,67	
10	72,92		Martina Opitz / Hellmann	DDR	12-12-60	Potsdam	20-ago-87	26,7	1,78	81	25,56	17,10
11	72,14		Galina Murashova	LTU	22-12-55	Praga	17-ago-84	28,7	1,80	92	28,40	
12	71,80	WR	Marina Vergova / Petkova	BUL	03-11-50	Sofia	13-jul-80	29,7	1,82	105	31,70	
13	71,68		Xiao Yanling @	CHN	27-03-68	Beijing	14-mar-92	24,0	1,79	90	28,09	
14	71,58		Ellina Zvereva @	BLR	16-11-60	Leningrad	12-jun-88	27,6	1,82	90	27,17	
15	71,50	WR	Evelin Schlaak / Jahl	DDR	28-03-56	Potsdam	10-may-80	24,1	1,79	84	26,22	
16	71,30		Larisa Korotkevich	RUS	03-01-67	Sochi	29-may-92	25,4	1,80	86	26,54	
17	71,22		Ria Stalman	NED	11-12-51	Walnut	15-jul-84	32,6	1,79	82	25,59	17,66
18	70,88		Hilda Ramos @	CUB	01-09-64	L'Habana	8-may-92	27,7	1,76	80	25,83	16,36
19	70,80		Larisa Mikhailchenko	UKR	16-05-63	Kharkov	18-jun-88	25,1	1,80	93	28,70	
20	70,68		Maritza Martén	CUB	16-08-63	Sevilla	18-jul-92	28,9	1,77	90	28,73	16,04
21	70,50	WR	Faina Melnik	RUS	09-06-45	Sochi	24-abr-76	30,9	1,72	88	29,75	
22	70,34		Silvia Madetzky	DDR	24-06-62	Atenes	16-may-88	25,9	1,86	92	26,59	
23	70,02		Natalya Sadova @	RUS	15-06-72	Tesalonika	23-jun-99	27,0	1,80	100	30,86	14,21
24	69,86		Valentina Kharchenko	RUS	06-06-49	Feodosiya	16-may-81	32,0				17,50
25	69,72		Svetla Mitkova	BUL	17-06-64	Sofia	15-ago-87	23,2	1,78	96	30,30	20,91
26	69,68		Mette Bergmann	NOR	09-11-62	Floro	27-may-95	32,6	1,74	80	26,42	12,90
27	69,51		Franka Dietzsch	GER	22-01-68	Wiesbaden	8-may-99	31,3	1,83	95	28,37	15,02
28	69,50		Florenta Craiulescu	ROM	07-05-55	Stara Zagora	2-ago-85	30,3	1,84	95	28,06	
29	69,44		Suzy Powell	USA	03-09-76	La Jolla	27-abr-02	25,7	1,78	63	19,88	
30	69,14		Irina Yatchenko	BLR	31-10-65	Minks	31-jul-04	38,8	1,87	96	27,45	
31	69,08		Carmen Romero	CUB	06-10-50	L'Habana	17-abr-76	25,5	1,63	96	36,13	
	69,08		Mariana Ionescu / Lengyel	ROM	14-04-53	Constanta	19-abr-86	33,0	1,74	88	29,07	17,46
33	68,92		Sabine Engel	DDR	21-04-54	Karl-Marx-Stadt	25-jun-77	23,2	1,79	88	27,46	
34	68,80		Nicoleta Grasu	ROM	11-09-71	Poiana Brasov	7-ago-99	27,9	1,76	88	28,41	15,00
35	68,64		Margitta Pufe	DDR	10-09-52	Berlin	17-ago-79	27,0	1,80	90	27,78	21,58
36	68,62		Yu Hourun	CHN	09-07-64	Beijing	6-may-88	23,8	1,80	95	29,32	
	68,62		Hou Xuemei	CHN	27-02-62	Tianjin	4-sep-88	26,5	1,77	90	28,73	
38	68,60		Nadezhda Kugayevskikh	RUS	19-04-60	Oryol	30-ago-83	23,4	1,70	85	29,41	18,08
39	68,58		Lyubov Zverkova	RUS	14-06-55	Kiev	22-jun-84	29,0				
40	68,52		Beatrice Faumuina	NZL	23-10-74	Oslo	4-jul-97	22,7	1,80	115	35,49	16,96
												M - 44,24
41	68,38		Olga Burova	RUS	17-09-63	Sochi	29-may-92	28,7	1,84	85	25,11	
42	68,18		Tatyana Lesovaya	KAZ	24-04-56	Alma Ata	23-sep-82	26,4	1,75	93	30,37	
	68,18		Irina Khval	RUS	17-05-62	Moscou	8-jul-88	26,2				
	68,18		Barbara Hechevarria	CUB	06-08-66	L'Habana	17-feb-89	22,6	1,73	92	30,74	
45	67,96		Argentina Menis	ROM	19-07-48	Bucarest	15-may-76	27,8	1,71	88	30,09	
46	67,90		Petra Szigaud	DDR	17-10-58	Berlin	19-may-82	23,6	1,77	90	28,73	
47	67,82		Tatyana Belova	RUS	12-02-63	Irkutsk	10-ago-87	24,5	1,82	85	25,66	19,02
48	67,80		Stefenia Simova @	BUL	05-06-63	Stara Zagora	27-jun-92	29,1	1,72	86	29,07	
49	67,78		Nadine Müller	GER	21-11-85	Wiesbaden	8-may-10	24,5	1,92	100	27,13	
50	67,72		Ekaterini Vóggali	GRE	30-10-70	Atenes	10-jun-04	33,6	1,73	89	29,74	13,91
70,37							P r o m i g	27,0	1,79	90	28	
2,22							Desviació estàndard	3,7	0,05	8	3	
							Màxim	38,8	1,92	115	36	
							Mínim	20,3	1,63	63	20	
65,50	100°											
63,32	200°											
61,22	300°											

Alemanya 13 atletes
 Rússia 10
 Romania 5
 Bulgària - Cuba 4
 Xina 3

3. MODEL TÈCNIC DEL LLANÇAMENT DE DISC

Per al seu estudi, el llançament de disc es pot dividir en quatre fases:

- 1) Fase de balanceig,
- 2) Fase de gir,
- 3) Fase de descàrrega i
- 4) Fase de recuperació.

3.1. AGAFADA DEL DISC I FASE DE BALANCEIG

L'agafada del disc ha de permetre sostenir-ho amb comoditat i ferma durant la seva acceleració i permetre també la seva correcta rotació en la descàrrega.

El disc es sosté amb la vora entre les dues primeres falanges amb els dits separats còmodament, els dits índex i cor una mica més junts passant el diàmetre del disc entre ells (Fig. 12, 1); el dit polze descansa sobre el disc (Fig. 12, 3). El disc també es recolza en la base del palmell de la mà trobant l'articulació del canell recta i relaxada (Fig. 12, 2). Alguns atletes, amb les mans més petites, presenten el canell lleugerament flexionada, recolzant la vora del disc també a l'avantbraç.

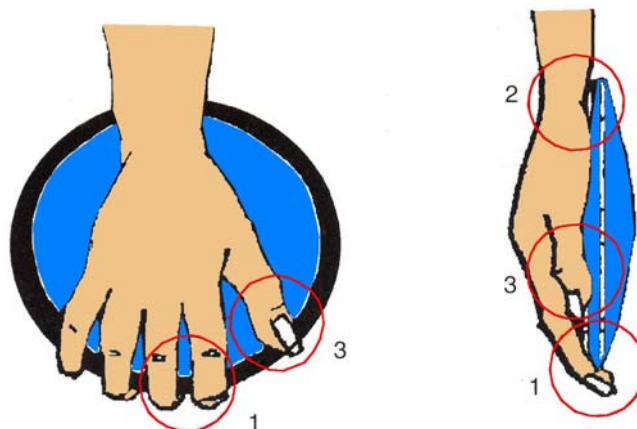


Figura 12: Agafada del disc.

La fase de balanceig té com a objectiu vèncer la inèrcia, preparar el gir i pretensionar la musculatura del tronc, l'espatlla i el braç llançador.

Les característiques tècniques de la fase de balancejos són:

D'esquena a la direcció del llançament, cames flexionades i amb els peus separats l'amplada de les espatlles. El peu esquerre endarrerit uns 5 cm respecte al dret, el pes del cos sobre els metatarsos.

El tronc gira al mateix temps que el disc i es realitzen un o dos balancejos.

L'atleta acaba els balancejos portant el disc cap enrere i la dreta en una trajectòria lleugerament ascendent, passant el pes del cos des de la cama esquerra a la cama dreta de la que el seu peu estarà recolzat en tota la seva superfície i assolint-se una gran torsió entre la línia d'espatlles i la de malucs.

El peu esquerre quedarà més o menys alliberat. En aquesta posició el disc arriba a la seva posició més endarrerida en la projecció vertical del taló esquerre, amb el braç dret elevat per sobre de les espatlles gairebé en prolongació d'aquestes.

En aquesta posició anomenada de **"punt mort"**, les espatlles estaran obertes i el braç esquerre està també a prolongació d'aquestes (sense creuar per davant).

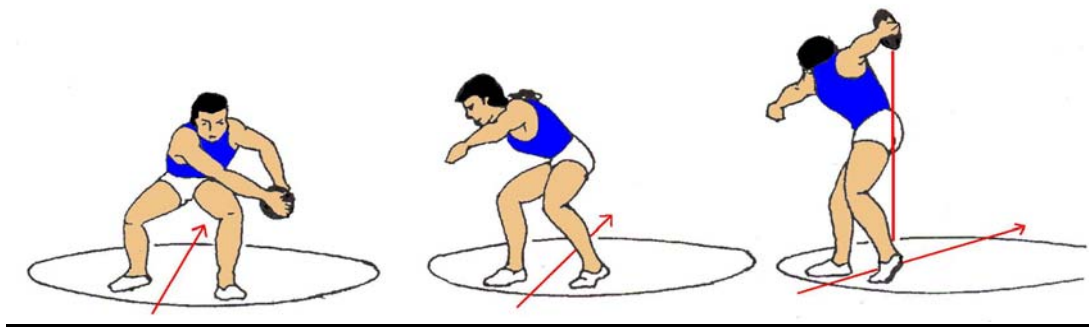


Figura 13: Fase de balanceig.

Des d'aquesta posició de sortida, en la qual s'aconsegueix acumular energia elàstica per contracció d'uns músculs i estirament d'altres (els contralaterals), l'atleta ha de sentir en aquesta posició l'estirament del pectoral, el deltoides dret i l'abdomen i la sensació de estar assegut sobre la cuixa i el gluti drets.

Quan aquesta posició és correcta, proporciona una gran estabilitat i equilibri. Una mala posició de sortida condueix a una posterior falta d'amplitud del moviment amb el consegüent escurçament del recorregut del disc.

Quan el disc viatja en posició plana i no cau de la mà és perquè porta certa quantitat de força centrífuga que el pressiona contra els dits.

En la posició de punt mort, el palmell de la mà acostuma a tornar cap a la dreta col·locant el disc vertical (així, no cau), encara que hi ha atletes que al passar poc temps no ho necessiten.

3. 2. FASE DE GIR

La primera part de la fase de gir té com a objectiu accelerar el sistema atleta-disc i preparar la subfase de vol. Les seves característiques tècniques són:

Mitjançant la tendència de la musculatura estirada a recuperar la seva longitud, s'entra en el gir inicial, que comença amb una obertura del braç esquerre a la qual segueix el gir del turmell, el genoll i la cuixa esquerra cap a la direcció del llançament.

Aquesta acció es veu facilitada per una petita rotació de la cama dreta que segueix recolzada, però que va perdent pes. El pes del cos es va desplaçant progressivament cap a la cama esquerra que manté una mica flexionat el genoll.

L'entrada al gir ha de ser equilibrada i àmplia, amb el tronc sobre dels recolzaments i sense excessiva pressa per realitzar el moviment. L'entrada al gir finalitza amb la pèrdua del doble recolzament, quan el peu dret abandona el terra, traslladant el pes del cos a la cama esquerra.

En rotació, situats sobre el peu esquerre, l'espatlla i el maluc esquerra, formant l'eix de gir. La cama dreta, després d'eivar-se, realitza un moviment-llançament ras a través del cercle que pot tenir tres variants:

- moviment conduït pel genoll.
- moviment conduït pel turmell (peu).
- moviment conduït pel conjunt genoll-peu.

L'atleta gira al voltant de l'eix format per la part esquerra del cos, passant la part dreta per l'exterior del cercle, aprofitant al màxim l'espai per ampliar el recorregut del disc.

El braç esquerre està estès i elevat, mirant a la direcció del llançament. El braç dret en prolongació de la línia d'espatlles i formant un angle de 90° amb el tronc.

En el moment que el cap mira a la direcció del llançament, es produeix una reacció que augmenta la tensió del costat esquerre que afavoreix el desplaçament cap endavant de la cama dreta.

A la part final del gir sobre el peu esquerre, l'atleta, a més de rotar, realitza un desplaçament cap endavant per extensió de la cama esquerra, especialment per l'extensió del turmell. Fins aquest moment la cama esquerra només havia actuat com a pivot.

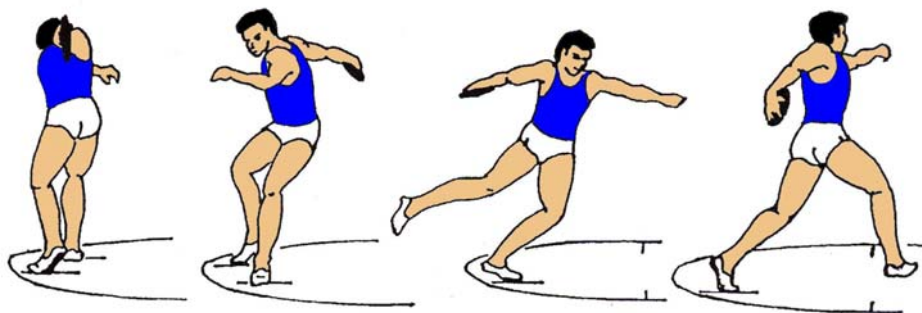


Figura 14: Primera part de la Fase de gir.

La subfase de vol del gir té com a objectius, a més dels indicats a la primera part del gir, pretensionar la musculatura del tronc. Les seves característiques tècniques són:

Comença amb el final de l'impuls del peu esquerre quan els seus dits apunten en la direcció del llançament. Aquesta subfase ha de ser rasant per reduir el temps de vol.

El genoll de la cama dreta, en un moviment envoltant, buscarà el centre del cercle en una acció que pot ser similar a la d'una gambada de carrera. El peu dret es recolza activament de metatars a terra i segueix girant cap a l'interior a causa del esmentat moviment envoltant del genoll. La cama esquerra passa pel costat de genoll dret en el seu trajecte cap al final.

Durant aquesta fase l'atleta ha de mantenir la part superior del cos inactiva donant prioritat a les cames i malucs que després d'haver-se acostat a elles les espatlles en aquesta fase, tornaran a avançar-se creant de nou una gran torsió.

El braç dret es continua mantenint alt, amb el disc el més allunyat possible. Mentre que el braç esquerre es manté creuat per davant del cos.

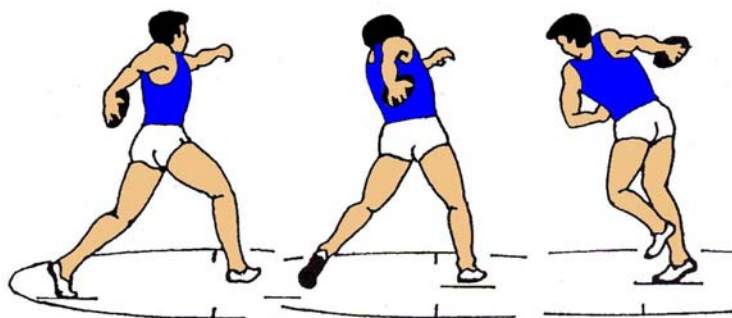


Figura 15: Subfase de vol.

Aquesta subfase ha de ser el més breu possible, ja que el disc perd velocitat, perquè l'atleta està en l'aire. Alguns entrenadors aconsellen buscar amb la mirada un punt de referència a l'horitzó, per evitar que el cap s'avanci i es porti amb ell la línia d'espatlles.

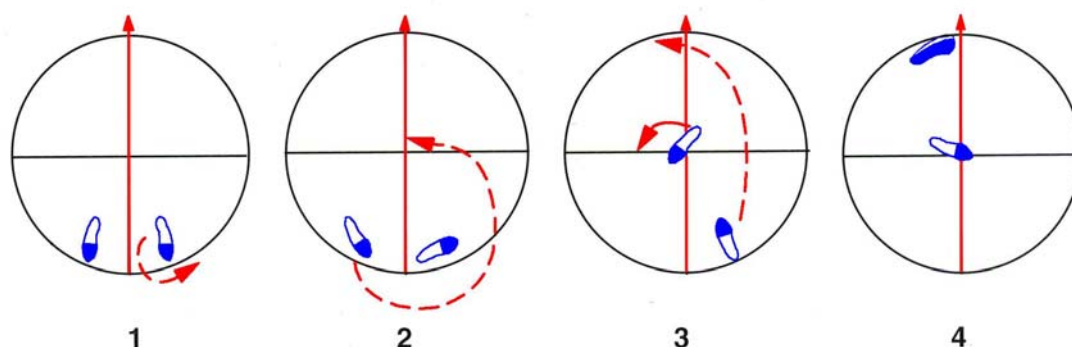


Figura 16: Fase de gir. Col·locació dels peus.

3.3. FASE DE DESCÀRREGA

Per analitzar la fase de descàrrega s'acostuma a subdividir en les subfases de transició, de doble recolzament (o posició de força) i d'acceleració principal.

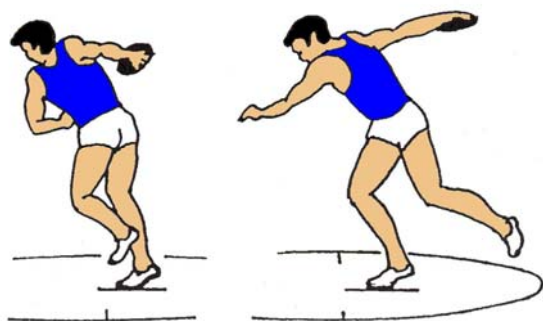


Figura 17: Fase de descàrrega, Transició.

La subfase de TRANSICIÓ té com a objectiu mantenir la quantitat de moviment del sistema atleta-disc; les seves característiques tècniques són: El peu dret arriba al terra de metatars aproximadament al centre del cercle i amb tensió al peu i la cama drets per no enfonsar-se i seguir girant.

En arribar el peu dret al centre del cercle, per efecte de la caiguda, el braç dret tendeix a baixar, perdent radi de gir, per això és important que l'atleta intenti mantenir alt el braç. Igualment és important que el pes del cos recaigui sobre la cama dreta.

La part superior del tronc es manté relaxada, amb el

braç dret alt, per sobre del pla de les espatlles i mantenint aquestes l'endarreriment adquirit respecte a les cames.

El peu esquerre busca el terra el més ràpidament possible, atès que mentre no ho faci, el cos perd velocitat i la torsió entre la línia de malucs i les espatlles.

El contacte es realitza primer amb la part anterior i després de planta a la part davantera del cercle, lleugerament a l'esquerra de la direcció del llançament.

El tronc estarà situat sobre del recolzament de la cama dreta i el cap acompanya el moviment sense avançar-se.

La subfase de DOBLE RECOLZAMENT té com a objectiu iniciar l'acceleració final del disc; les seves característiques tècniques són:

Un cop arribat el peu esquerre a terra, comença el que coneixem com el "final del llançament", que acabarà amb l'alliberament del disc a la màxima velocitat.

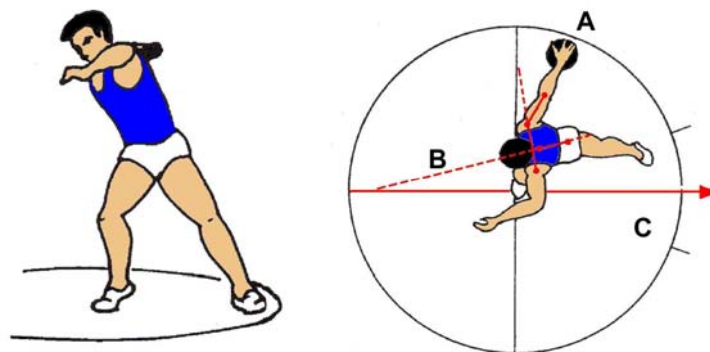


Figura 18: Fase de descàrrega, Doble recolzament.

Es tracta d'una acció molt complexa que exigeix equilibri i gran coordinació per aconseguir el màxim aprofitament de les palanques assegurant una trajectòria àmplia i circular.

Quan el peu esquerre arriba a terra, el disc ha de trobar-se el més endarrerit possible, és a dir en la posició A (Fig. 18), una posició equilibrada amb el centre de masses de l'atleta davant del peu dret, a la dreta de la direcció del llançament i amb els braços en prolongació de les espatlles.

Des d'aquesta posició, l'atleta "acompanya" al disc, donant-li una trajectòria contrària al llançament (de A a B) amb un breu descens del cos a causa d'una lleugera flexió de la cama dreta i la inclinació endavant del tronc.

La línia d'espatlles i braços es mantenen amb una gran relaxació evitant una acció anticipada dels mateixos.

Quan el disc arriba a B, canvia el sentit del llançament i s'inicia una gran acceleració.

A la subfase de ACCELERACIÓ PRINCIPAL l'objectiu és transferir la velocitat de l'atleta al disc; les seves característiques tècniques són:

La rotació de la cama i maluc dret afavoreixen, al costat del contacte actiu del peu dret a terra, el pas del pes del cos cap a la cama esquerra que rep el pes amb tensió en direcció oposada a la cama dreta.

La torsió existent entre malucs i espatlles, i l'endarreriment del disc, han creat una gran tensió en els músculs que participen en el final amb una pre-extensió dels mateixos.

L'entrada del maluc dret i l'obertura de l'espatlla esquerra al costat de la resistència del disc, provoquen el pre-estirament dels pectorals.

Un cop assolida aquesta posició, el llançament es produeix per una rotació sobre l'eix longitudinal que passa pel costat esquerre, concretament des del peu a l'espatlla esquerra, a causa del bloqueig d'aquest costat (Fig. 19).

Les cames porten els malucs cap endavant i cap amunt passant el pes del cos de la cama dreta a l'esquerra, mentre que mitjançant una intervenció cronològica de tota la cadena cinètica, el braç que segueix alt, llança el disc seguint una trajectòria el més àmplia i allunyada possible del cos.

El braç no actua de forma activa fins que el disc no arriba a la posició B.

El final pot acabar en recolzament o en suspensió, encara que segons el model de Tony Nett, és més convenient en recolzament (menor reducció del radi).

El disc abandona la mà una mica per sota de l'alçada de les espatlles que es troben al final paral·leles al terra.



Figura 19: Fixació del costat esquerre del cos.

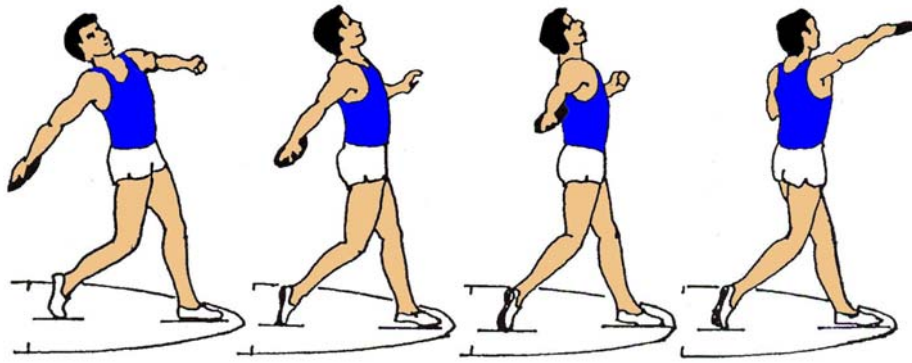


Figura 20: Fase de descàrrega, Acceleració principal.

3.2. FASE DE RECUPERACIÓ

L'objectiu de la fase de recuperació és mantenir l'equilibri i evitar el nul.

Les cames s'alternen ràpidament després de la descàrrega, passant la dreta endavant i l'esquerra perdent el recolzament i oscil·lant per darrere del cos. La cama dreta es flexiona i el tronc s'inclina endavant.

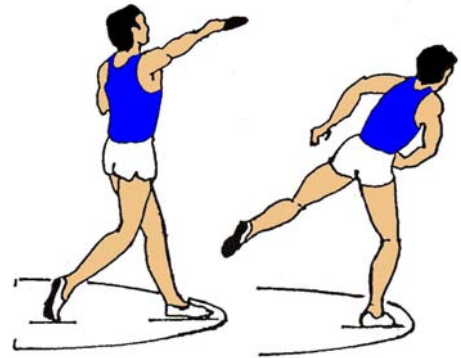


Figura 21: Fase de recuperació.

4. ASPECTES BIOMECÀNICS DEL LLANÇAMENT DE DISC

Per facilitar l'estudi biomecànic del llançament del disc es divideix en les cinc fases temporals que apareixen a la Fig. 22 i, com a exemple, a la Taula 5 es mostra la durada temporal d'aquestes fases per alguns llançadors d'alt nivell.

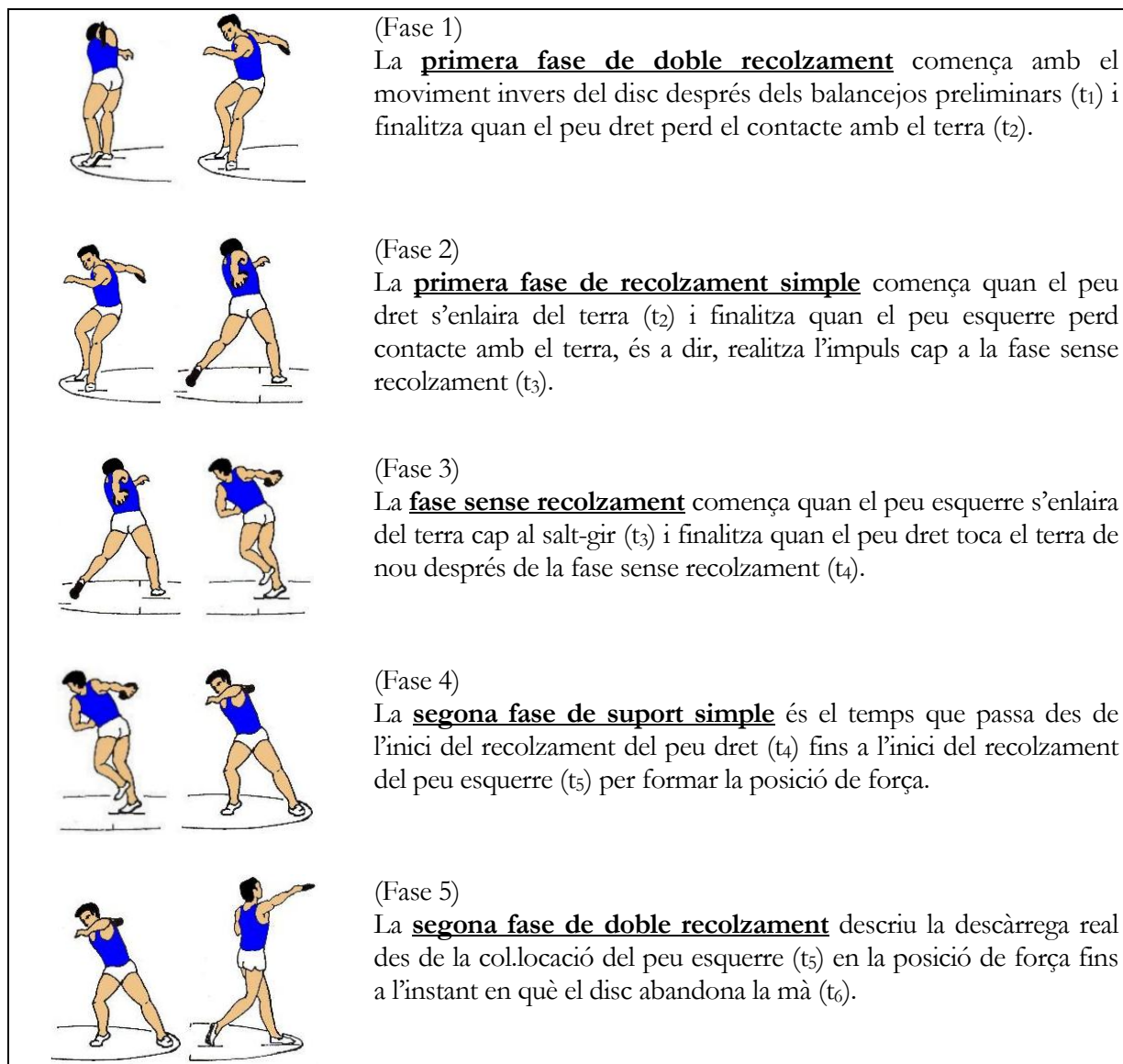


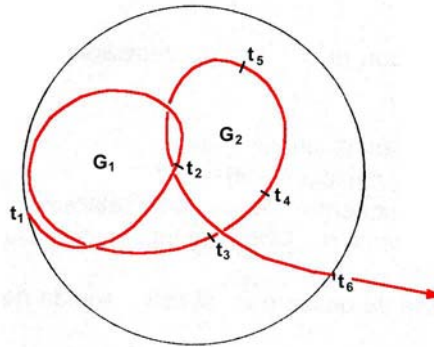
Figura 22: Límits temporals de les fases (Bauersfeld i Schröter, 1970. Schöllhorn, 1989).

Taula 5: Durada de les fases en el llançament de disc (Knicker, 1990).

Atleta	Distància (m)	Fase 2 (s)	Fase 3 (s)	Fase 4 (s)	Fase 5 (s)	Temps total
Dannenberg FRG	67.20	0.33	0.08	0.15	0.21	0.77
Schult GDR	67.40	0.40	0.06	0.28	0.13	0.87
Ubartas URSS	66.12	0.32	0.09	0.21	0.16	0.78

El cercle i les limitacions del reglament no li permeten a l'atleta accelerar el disc tot el que volgués. La longitud de la trajectòria d'acceleració final té una influència decisiva en la velocitat de descàrrega del disc. Cada atleta ha de seleccionar la seva pròpia trajectòria d'acceleració òptima tenint en compte la seva força i les seves característiques antropomètriques. No obstant això, s'ha de destacar que la trajectòria que pren el disc a l'inici del gir té poca incidència en el rendiment. A la Fig. 23 es pot observar la trajectòria del disc des de les perspectives zenital i lateral, però hem de ressaltar que les diferències individuals poden arribar a ser molt grans, fins i tot pels llançadors d'alt nivell. No és estrany observar àmplies trajectòries que clarament van més enllà del cercle.

A



B

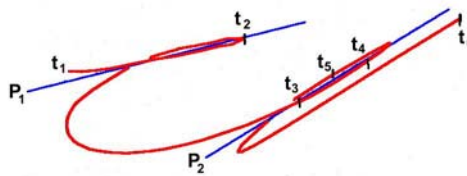


Figura 23: Trajectòria del disc des de les perspectives zenital (A) i lateral (B). G: girs, P: plànols de les trajectòries, t: límits de les fases (Schöllhorn, 1989).

El disc realitza dos girs (G1 i G2) i abandona la mà aproximadament sobre la vora del cercle (t6). En el segon gir el disc segueix una trajectòria que correspon a l'angle de descàrrega. El temps de durada de les diferents fases ha estat subjecte a diverses investigacions (Taula 6).

L'element més important de la tècnica en la posició de força, abans d'iniciar la determinat acceleració final, és la torsió del cos, és a dir, la posició del braç de llançament amb l'artefacte en relació als eixos de malucs i espatlles i la direcció del llançament. Les dues posicions mostrades a la Fig. 24 amb màxima torsió (1) i pre-estirament incomplet (2) evidencien els següents elements característics de la tècnica:

A la Fig. 24 (1): el màxim moment de força s'aconsegueix amb el complet pre-estirament de la musculatura del pit, quan:

- El genoll dret apunta en la direcció del llançament,
- L'eix d'espatlles està girat l'angle α (aprox. 90°),
- El braç llançador amb el disc es troba bé enrere en relació a l'eix d'espatlles, i
- El braç lliure està completament relaxat i apunta en la direcció oposada al llançament.

A gir de malucs que comença la veritable fase de descàrrega li segueix un moviment rotatori de l'espatlla i el braç de llançament.

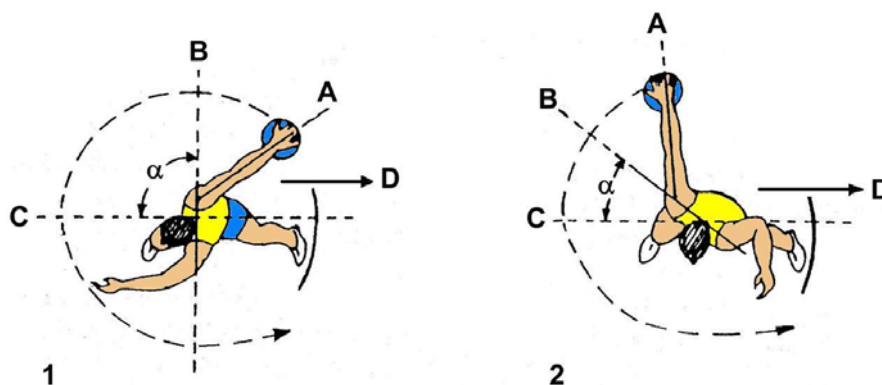


Figura 24. La posició de força: (1) i (2) exemples de la torsió del cos. A: eix del braç llançador, B: eix de les espatlles, C: eix dels malucs; D: direcció del llançament.

A la Fig. 24 (2): el pre-estirament incomplet de la musculatura del pit, quan:

- l'eix d'espatlles està lleugerament torsionat respecte a l'eix de malucs (α és petit), i
- el braç llançador no està prou al darrere (disc insuficientment "endarrerit").

Això vol dir que la trajectòria d'acceleració del disc en la veritable fase de descàrrega és d'aquesta manera molt més curta, la utilització de la potència de la musculatura de la cama en avançar el maluc, és relativament petita.

Taula 6: Divisió percentual del temps total en cadascuna de les fases.

Fase del moviment	Bauersfeld y Schröter 1970	Schlüter y Nixdorf 1984
1. Primera fase de doble recolzament	aprox. 35%	40%
2. Primera fase de recolzament simple	aprox. 30%	29%
3. Fase sense recolzament	< 10%	6%
4. Segona fase de recolzament simple	aprox. 10-12%	13%
5. Segona fase de doble recolzament	--	12%

La durada de les fases mostra que aproximadament 2/3 del temps s'utilitzen en la pre-acceleració (fases 1 i 2) i 1/3 en l'acceleració durant la descàrrega (fases 3 a 5). La literatura destaca la importància de les tres últimes fases per obtenir una alta velocitat de descàrrega. La Taula 7 mostra la velocitat de descàrrega del disc i la velocitat en els límits de cadascuna de les fases. En ella es pot observar com Schult i Ubartas mantenen o augmenten la velocitat mentre que Danneberg la disminueix en la fase t₅. A la Fig. 25 es pot apreciar l'increment de la velocitat a mesura que van transcorrent les fases, a la Fig. 26 una altra corba velocitat-temps però, aquesta vegada relacionant les tres últimes fases del llançament amb les velocitats de cadascun dels segments corporals que intervenen en l'assoliment de la velocitat de descàrrega.

Taula 7: Velocitat del disc en els límits de les fases (Knicker, 1990).

Atleta	Distància (m)	t ₂ (m/s)	t ₃ (m/s)	t ₄ (m/s)	t ₅ (m/s)	Descàrrega (m/s)
Dannenberg FRG	67.20	5.1	9.9	11.4	8.0	25.2
Schult GDR	67.40	4.2	10.2	11.2	13.1	24.1
Ubartas URSS	66.12	6.4	8.5	8.6	10.8	26.0

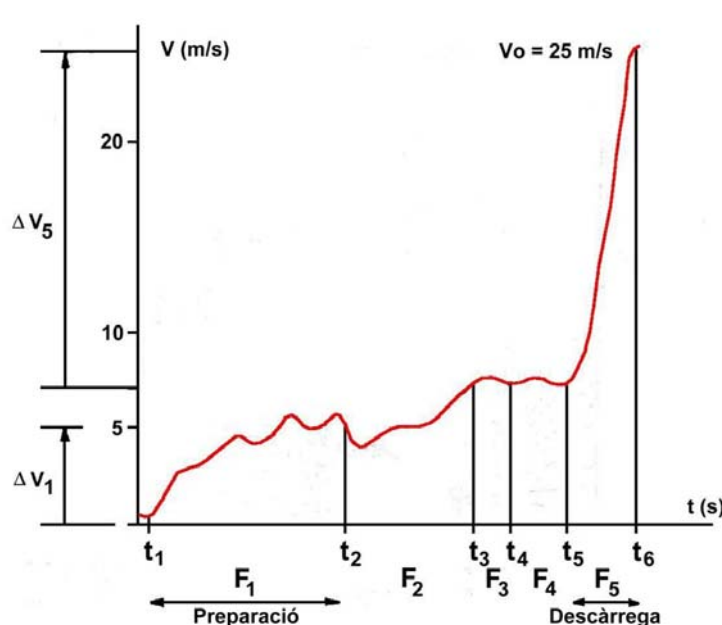


Figura 25: Corba velocitat-temps indicant les fases del llançament (Schlüter y Nixdorf, 1984).

- Es pot aconseguir una gran velocitat de descàrrega si es manté la velocitat de l'artefacte en la fase sense recolzament.
- Una lleugera disminució de la velocitat en la segona fase de recolzament simple. No obstant això, pot ser compensada en la següent fase d'acceleració final, un augment molt pronunciat de la velocitat en aquesta fase pot reduir el rendiment.
- Cap al final de la segona fase de recolzament simple s'haurà de frenar la velocitat de la part inferior del cos per aconseguir una òptima transferència de l'impuls des de la part inferior a la superior del tronc (tronc, braç de llançament).
- El braç de llançament s'ha de mantenir clarament al darrere durant la fase sense recolzament i en la segona fase de recolzament simple durant la rotació del cos (coneguda com "arrossegament del disc").
- La construcció del màxim moment de força possible del cos, entre la part inferior, el tronc i el braç de llançament s'ha d'aconseguir en el moment que s'arriba a la posició de llançament.
- Una acció prematura de llançament durant la segona fase de recolzament simple escurça la trajectòria final d'acceleració i redueix l'eficàcia de la transferència de l'impuls, el que al seu torn, té un efecte negatiu en la velocitat de descàrrega.

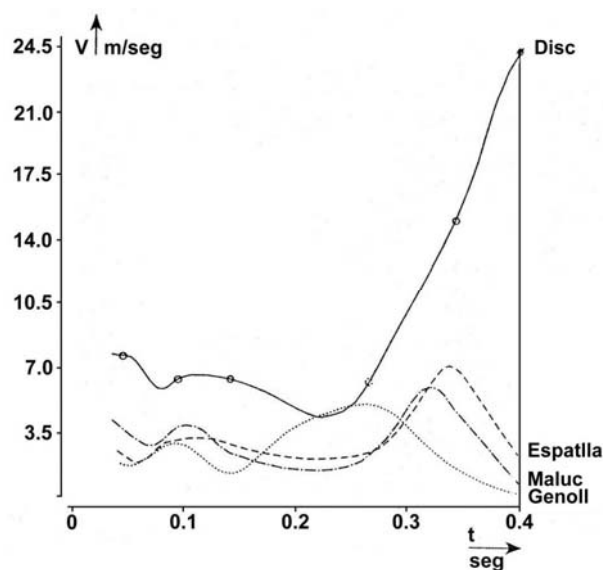


Figura 26: Model de velocitat-temps amb seqüència ordenada dels segments corporals (Grundlach).

La distància aconseguida pel disc està determinada, com en els altres llançaments, per les característiques de la descàrrega (velocitat, alçada i angle de descàrrega) i pels factors aerodinàmics que influencien el seu vol. A la Taula 8 es mostren a mode d'exemple els paràmetres de la descàrrega i l'amplitud de la posició de força en els medallistes als Jocs de Los Angeles-1984.

La velocitat i l'angle de descàrrega estan determinats per la magnitud i la direcció de les forces exercides sobre el disc i el temps i la distància en què s'apliquen les forces. L'alçada de descàrrega depèn de la posició del cos de l'atleta en aquest instant i de la seva antropometria.

Taula 8: Paràmetres de la descàrrega en el llançament del disc
(Gregor, Whiting y McCoy, 1985).

a: or, b: plata i c: bronze en els Jocs Olímpics de Los Angeles-1984.

	Intent	Distància llançada m	Velocitat descàrrega m/s	Angle descàrrega °	Alçada descàrrega m	Amplitut peus Posició força m
Danneberg FRG	1	64.74	25.0	34.2	1.81	0.75
	4 (a)	66.60	24.9	33.8	1.80	0.86
	6	66.22	24.5	36.2	1.79	0.85
Wilkins USA	1	65.96	24.7	35.5	1.77	0.80
	3	65.20	25.3	37.7	1.83	0.79
	5 (b)	66.30	25.2	34.4	1.88	0.79
Powell USA	1	64.68	24.6	39.8	1.62	0.84
	5	65.14	25.1	33.6	1.52	0.76
	6 (c)	65.46	24.0	35.5	1.51	0.79

4.1. COMPORTAMENT AL VOL: AERODINÀMICA DEL DISC

Un cop alliberat el disc de la mà del llançador, només dues forces poden influir en el seu moviment fins a tornar a terra: la gravetat i la força de resistència de l'aire. Encara que aquestes forces no poden ser controlades per l'atleta, els seus efectes poden afectar considerablement la distància de llançament, per la qual cosa el seu coneixement i la interpretació són essencials per al rendiment.

La forma del disc li proporciona unes característiques aerodinàmiques que influeixen en el seu comportament després d'alliberar-ho durant el vol. Dels quatre artefactes del sector de llançaments, la javelina és el més aerodinàmic (quocient aerodinàmic: 5.33) seguit del disc (0.764). Són moltes les investigacions realitzades sobre l'efecte del vent en la distància de llançament des que J.A. Taylor (1932) conclogués en el seu estudi que sota certes condicions de vent, el disc pot perllongar la seva distància de vol.

Per simplificar els càlculs, la majoria d'estudis assumeixen que la velocitat del vent és constant durant el llançament i independent de l'altitud, que el disc gira només sobre un eix perpendicular al seu pla, que els moviments de rotació sobre els altres eixos són nuls i que la direcció del vent és paral·lela a la direcció del llançament.

Els angles del disc en la descàrrega estan definits en funció de la direcció del flux d'aire i en funció del sistema de coordenades absolut fixat a terra (Fig. 27) (Barlett, 1992; Hay, 1993):

- Angle de descàrrega: es defineix com l'angle entre el vector velocitat i l'horitzontal a terra en l'instant de la descàrrega o, també, és l'angle de la trajectòria del centre de masses de l'artefacte.
- Angle de posició o d'inclinació: definit com l'angle format per l'eix longitudinal del disc i l'horitzontal a terra en l'instant de la descàrrega. Depèn de l'habilitat del llançador per col·locar l'artefacte en una posició correcta gràcies a les seves accions.
- Angle d'atac o d'incidència: es defineix com la diferència entre els angles de posició i de descàrrega. No obstant això, malgrat aquesta informació més difosa, el veritable angle d'atac ha d'estar definit en relació a un altre paràmetre com és el vector del vent relatiu. L'extrema dificultat de mesurar aquest paràmetre, especialment en situacions de competició, ha portat a simplificar la seva definició.

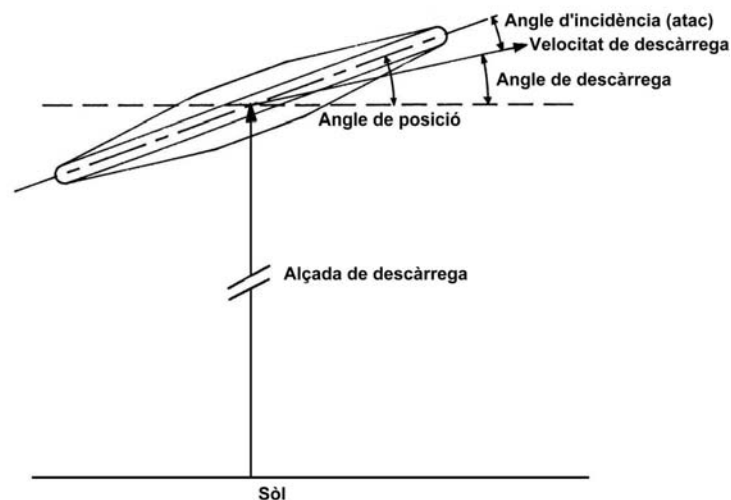


Figura 27: Paràmetres del disc a la descàrrega.

En moure per l'aire, la javelina o el disc desplacen cap als seus costats una part d'aire i una altra li ofereix resistència. Això suposa un treball i, per tant, una reducció de l'energia cinètica i una pèrdua de velocitat. La **resistència de l'aire** al moviment del projectil ve donat per la fórmula:

$$F_R = S \cdot v^2 \cdot C \cdot \rho$$

On S és l'àrea del perfil de l'artefacte, V la velocitat relativa de l'aire, C el coeficient de resistència frontal (o aerodinàmica, dependent de la forma) i ρ la densitat de l'aire (1.3 Kg/m^3).

El terme **vent relatiu** es refereix al moviment de l'aire en relació al projectil. Un disc o una javelina poden volar quedant suspesos en un raig de vent o poden moure a través d'un aire en repòs. En aquest últim cas, l'aire que desplaça pels seus costats el projectil tindrà una velocitat relativa igual a la de l'artefacte (respecte a aquest), però de sentit contrari, és l'anomenat vent relatiu.

Quan l'aire no està en repòs, poden donar-se diferents casos:

- Un vent de popa (cua) pot, per tant, reduir la velocitat del vent relatiu (disminuint l'arrossegament o l'elevació).
- Un vent de proa (cara) pot augmentar-ho (encara que no ha de ser massa fort, si es vol que resulti beneficiós en les dues proves a què ens referim).

Si el projectil està inclinat, formant un angle amb el flux d'aire, la resultant de les forces que sobre ell exerceix l'aire ("resistència de l'aire") pot descompondre en una component vertical ("**força d'elevació**" o ELEVACIÓ o LIFT) i una component horitzontal ("**força d'arrossegament**" o ARROSSEGAMENT o DRAG). La forces de resistència de l'aire que actuen sobre un disc o una javelina poden sumar-se en una resultant que opera sobre un punt anomenat "**centre de pressió**". Aquest punt canvia de posició al canviar l'angle d'atac (Fig. 28). La relació entre l'Elevació i l'Arrossegament depèn de l'angle d'atac. Les variacions d'aquest angle, encara que de vegades petites, poden produir grans alteracions (Fig. 29).

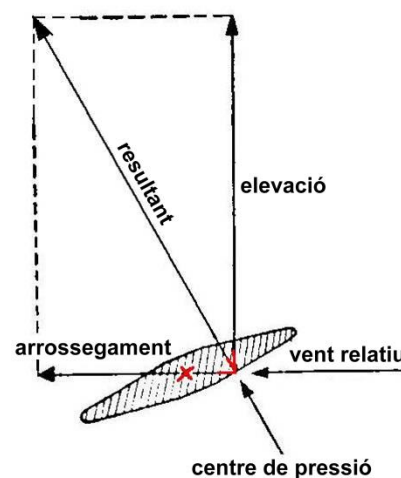


Figura 28: Centre de pressió i forces d'elevació i arrossegament.

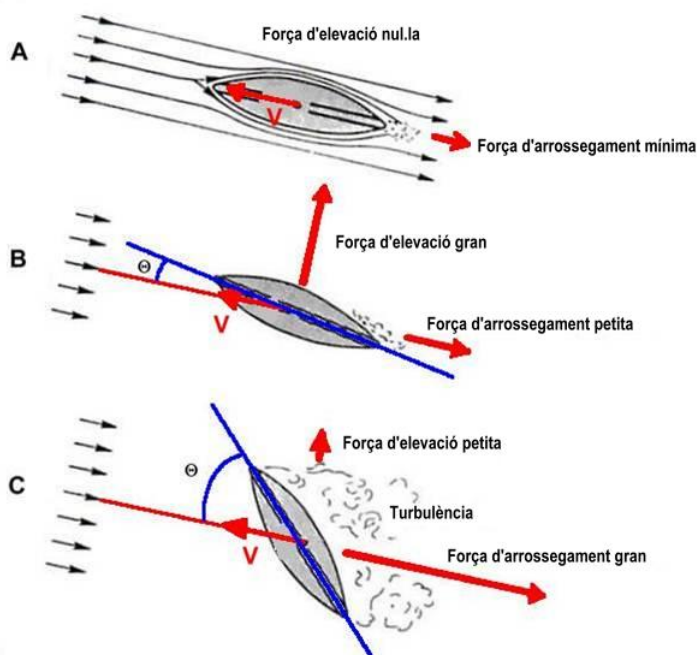


Figura 29: Els canvis en l'angle d'atac provoquen canvis en les forces d'elevació i d'arrossegament del disc.

(a) Un angle d'atac zero, produeix la mínima força d'arrossegament però també produeix una força d'elevació zero.
 (b) Amb un angle d'atac petit, es produeix una força d'elevació gran, mentre que la força d'arrossegament només augmenta lleugerament.
 (c) Quan l'angle d'atac augmenta més enllà de l'òptim, la força d'elevació disminueix i la força d'arrossegament augmenta molt, portant a l'angle d'estancament.

L'increment de la força d'elevació té lloc amb un angle d'atac petit, però només fins a un angle crític, a partir del qual la força d'elevació disminueix de sobte i la força d'arrossegament augmenta molt a causa d'una turbulència extrema. Aquest angle crític, aproximadament 45° per al disc, és l'anomenat angle d'estancament. El disc es deté com a resultat d'augmentar la força d'arrossegament i la pèrdua de força d'elevació que el sostenia contra la gravetat, pel que cau a terra gairebé a plom.

El millor angle d'atac per produir la major força d'elevació amb la menor força d'arrossegament depèn de la forma del disc i la velocitat de l'aire relatiu. L'angle d'atac varia al llarg de la trajectòria de vol igual que canvia de direcció del vent relatiu a l'eivar-se o descendir el disc (Figura 30).

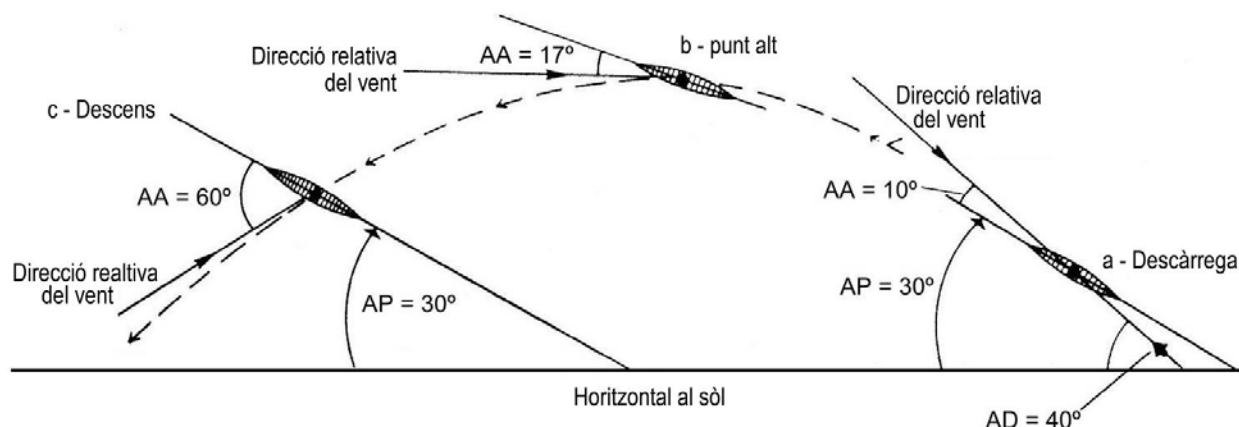


Figura 30: Angle d'atac (AA), angle de descàrrega (AD) i angle de posició (AP) del disc en l'instant de la descàrrega (a), en el punt alt de la trajectòria de vol (b) i durant el descens (c) (Adaptado de Kreighbaum y Barthels, 1999).

Els dits de la mà apliquen la força final al disc i el dit índex és l'últim a deixar el contacte amb el disc. El llançador ha de concentrar la seva atenció en que l'artefacte no només presenti una velocitat de descàrrega sinó també una velocitat angular (rotació) al voltant de l'eix perpendicular al pla del disc que pot arribar a ser de prop de 18 rotacions per segon (Hz) (freqüentment a aquesta rotació es denomina amb la paraula anglesa "Spin"; Figures 31 i 32). Els únics estudis interessants sobre el spin del disc són els realitzats per Soong (1976, 1982). Aquestes investigacions van trobar una millora en la distància de llançament de 1.2 m si hi podeu atleta pot incrementar el spin del disc de 4 a 8 Hz. Voigt (1972) va trobar una millora de 3.75 m si el spin passava de 5 a 16 Hz. Encara que l'increment de la rotació del disc no s'ha de fer a costa d'una disminució de la velocitat de descàrrega (Terauds, 1978).

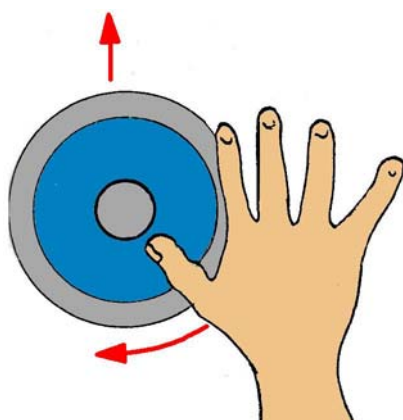


Figura 31: Instant de la descàrrega.

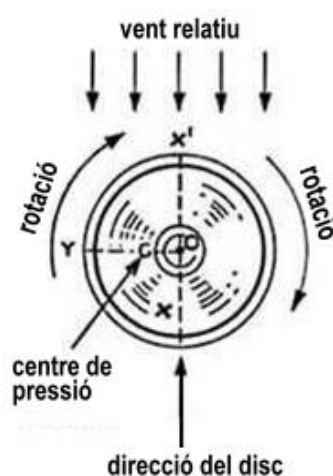


Figura 32: Rotació o "spin" del disc.

La rotació de l'artefacte exerceix una doble funció durant el vol:

a) En primer lloc la rotació estabilitza el vol del disc, en no deixar-lo fer tombarelles. Aquí actua l'efecte giroscòpic, semblant a l'efecte que no deixa que caigui una baldufa que gira (Fig. 33).

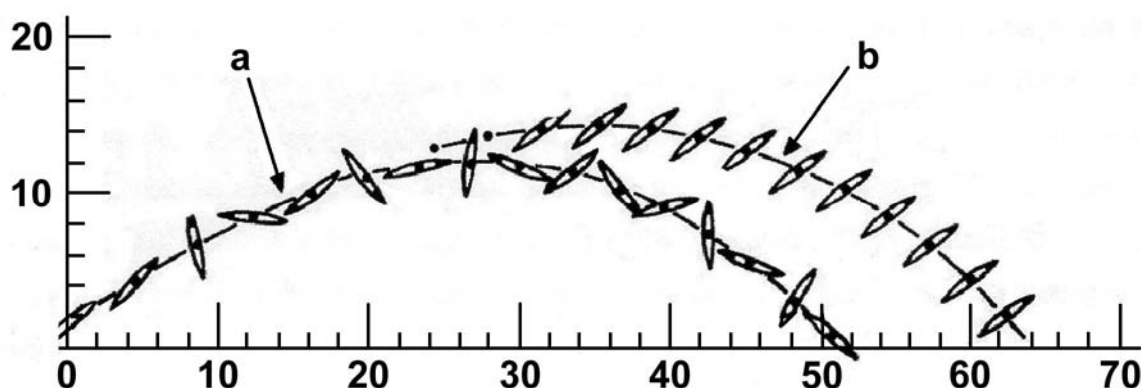


Figura 33: Trajectòries i orientacions espacials del disc en el vol. (a): Disc alliberat amb una velocitat angular sobre el seu eix perpendicular de 36.9 Hz (b): Disc alliberat amb una velocitat angular sobre el seu eix perpendicular de 0 Hz (adaptado de Soong, 1976).

b) En segon lloc, la rotació ràpida de l'artefacte corba la seva trajectòria, a causa de l'anomenat efecte Magnus (Fig. 34). Si l'artefacte gira, llavors la velocitat del vent relatiu serà diferent en les seves diferents parts. A rotar, el projectil arrossega les capes adjacents d'aire, que comencen a moure al voltant d'ell (a circular). En aquells llocs on les velocitats dels moviments de translació i de rotació se sumen, la velocitat del vent relatiu és major (i, segons el principi de Bernoulli. Originant una zona de baixa pressió), en la part contrària de l'artefacte aquestes velocitats es resten i la velocitat resultant és menor (zona d'alta pressió). Així, la trajectòria del disc, en lloc de ser rectilínia, es corba cap a la zona de baixa pressió.

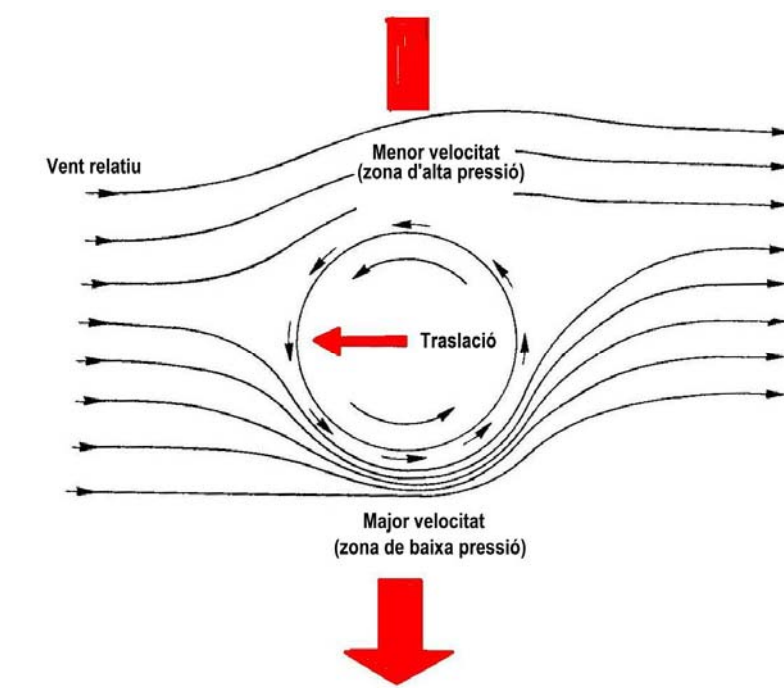


Figura 34: Efecte Magnus del disc.

El vent frontal i que ve des de la dreta, afavoreix més als llançadors dretans, ja que el vent reforça la rotació del disc.

El vent d'esquena perjudica el llançament, atès que tendeix a disminuir l'efecte giroscòpic i, més important, redueix els corrents efectives d'aire disminuint la força d'elevació.

La forma en què la literatura científica calcula l'efecte de les forces aerodinàmiques sobre el disc durant el vol consisteix a comparar la distància balística teòrica (en un hipotètic llançament al buit) amb la distància oficial de llançament. Aquesta distància guanyada o perduda s'anomena **“distància aerodinàmica”** (Taula 9).

Taula 9: Influència de la resistència de l'aire i la sustentació en la distància de llançament als JJOO de Montreal-1976 (Terauds, 1978).

Atleta		Distància oficial m	Distància teòrica m	Distància aerodinàmica m %	
Wilkins	USA	67.50	68.87	-1.37	-2.0
Schmidt	DDR	66.22	72.93	-6.71	-10.1
Powell	USA	65.70	63.20	+2.51	+3.8
Thiede	DDR	64.30	57.29	+7.01	+10.9
Pachale	DDR	64.20	64.07	+0.13	+0.2
Kahma	FIN	63.10	68.19	-5.07	-8.0