

## *Ingeniería en pista*

El siguiente resumen es mi punto de vista de la ingeniería en pista, según mi experiencia propia y aquella legada de personas que fueron y son mis continuo soporte, amigos que me brindan y brindaron sus propias vivencias en este facinante mundo del automovilismo y motociclismo de competición. Los aficionados a los autos de turismo me tendrán que disculpar, pero me baso especialmente en autos de Fórmula en distintas categorías de europa: F1, GP2, F3, Formula BMW, Formula Renault.

Antes nada deberíamos definir lo que se entiende como ingeniería en pista. El ingeniero en pista es el responsable de las decisiones sobre la puesta a punto del auto antes y durante una carrera o prueba. Comúnmente llamado “Ingeniero de pista”, no quiere decir que deba ser un ingeniero recibido de la universidad, es un término que viene desde hace mucho, incluso muchos de los famosos ingenieros de pista no tienen un título universitario y no por ello son menos capacitados, en cambio son personas muy completas en su formación y con mucha experiencia, que no se la puede comprar con nada ni estudiar en las universidades.

Dependiendo de la categoría y equipo en el que el Ingeniero de Pista trabaje, se tendrán distintos tipos de organizaciones, se las podría resumir en (por auto):

- Equipos pequeños: el ingeniero posiblemente sea el dueño, mecánico e ingeniero de pista propiamente dicho.
- Equipos medianos: tendremos un grupo de 2 mecánicos por auto y el ingeniero será el encargado de realizar las decisiones en la puesta a punto además de ayudar a los mecánicos.
- Equipos medianos-grandes: tendremos 2 mecánicos por auto, normalmente organizados en tren delantero y trasero (o sea uno de encarga desde el cockpit para adelante y el otro desde el motor para atrás), un encargado de gomas y combustible y un ingeniero que analiza los datos proveniente de un sistema de adquisición (que es todo un mundo en si mismo).
- Equipos grandes: solo la imaginación es el límite!! Un grupo de ingenieros para analizar los datos de la adquisición o telemetría, mas un grupo de mecánicos para el auto (encargado de la transmisión, encargado de suspensiones, encargado del motor, etc), primer ingeniero de pista, asistente del ingeniero de pista ( o segundo ingeniero), grupo de simulación, etc,etc, etc.

La forma más fácil que se me ocurre para describir un ingeniero de pista es el de un equipo mediano o mediano-grande. En este equipo el ingeniero de pista es además el encargado de leer la adquisición de datos.

Veamos por ejemplo un caso práctico: Un fin de semana en carrera:.

Paso a paso sería lo siguiente:

1. Llegamos al circuito con la puesta a punto que creemos es la mas conveniente, basados en nuestra experiencia previa en el circuito y en todas las pruebas y carreras anteriores.
2. Es normal (y últimamente muy necesario e indispensable) disponer de un sistema de adquisición de datos para evaluar el comportamiento del chasis y motor del auto, además de evaluar el piloto. Un sistema básico sería el compuesto por sensores que me permitan medir velocidad, revoluciones del motor, temperatura de los fluidos en el motor, detonación (normalmente se mide mucho mas en el motor) aceleraciones

lateral y longitudinal, desplazamiento de suspensiones, ángulo de giro del volante, posición del acelerador, presión en el freno. Antes de que el auto salga a pista, se pone el auto en un piso plano, donde se efectúa la puesta a punto del auto y se hace cero todos los sensores para que esta posición conocida sea el punto de referencia para que cuanto leamos la adquisición de datos sepamos donde “como se encuentra” el auto en las distintas partes del circuito .

3. Se hacen distintos trabajos de “oficina”. Por ejemplo:

- Preparar toda la documentación a usar: Planillas de gomas donde anotaremos/anotarán todo lo relativo a presiones, temperaturas alcanzadas y numero de set usado por ejemplo. Además de una planilla para controlar el combustible reabastecido.

TEAM								
EVENT TIRES CONTROL								
EVENT	1st Race	DATE	29-30/3/02	CIRCUIT	Sao Paulo	LENGHT	4210	
GP	Brazil	DATE	29-30/3/02	CIRCUIT	Sao Paulo	LENGHT	4210	
SESSION 1 s t  O U T I N G 1	1st Outing		2nd Outing		3rd Outing		4th Outing	
	START PRESSURE		START PRESSURE		START PRESSURE		START PRESSURE	
	END PRESSURE		END PRESSURE		END PRESSURE		END PRESSURE	
	Time		Time		Time		Time	
	Air T°		Air T°		Air T°		Air T°	
	Track T°		Track T°		Track T°		Track T°	
	Comment:		Comment:		Comment:		Comment:	
SESSION 2 n d  O U T I N G 2	1st Outing		2nd Outing		3rd Outing		4th Outing	
	START PRESSURE		START PRESSURE		START PRESSURE		START PRESSURE	
	END PRESSURE		END PRESSURE		END PRESSURE		END PRESSURE	
	Time		Time		Time		Time	
	Air T°		Air T°		Air T°		Air T°	
	Track T°		Track T°		Track T°		Track T°	
	Comment:		Comment:		Comment:		Comment:	
SESSION R A C E	1st Outing		2nd Outing		3rd Outing		4th Outing	
	START PRESSURE		START PRESSURE		START PRESSURE		START PRESSURE	
	END PRESSURE		END PRESSURE		END PRESSURE		END PRESSURE	
	Time		Time		Time		Time	
	Air T°		Air T°		Air T°		Air T°	
	Track T°		Track T°		Track T°		Track T°	
	Comment:		Comment:		Comment:		Comment:	

TEAM							
EVENT FUEL CONTROL							
EVENT	1st Race	DATE	29-30/3/02	CIRCUIT	Sao Paulo	LENGHT	4210
GP	Brazil	DATE	29-30/3/02	CIRCUIT	Sao Paulo	LENGHT	4210
SESSION 1 s t  O U T I N G 1	OUTING 1st	Time		Time		Fuel OUT	
		Fuel III					
	OUTING 2nd	Time		Time		Fuel OUT	
		Fuel III					
	OUTING 3rd	Time		Time		Fuel OUT	
		Fuel III					
	OUTING 4th	Time		Time		Fuel OUT	
		Fuel III					
	OUTING 5th	Time		Time		Fuel OUT	
		Fuel III					
SESSION 2 n d  O U T I N G 2	OUTING 1st	Time		Time		Fuel OUT	
		Fuel III					
	OUTING 2nd	Time		Time		Fuel OUT	
		Fuel III					
	OUTING 3rd	Time		Time		Fuel OUT	
		Fuel III					
	OUTING 4th	Time		Time		Fuel OUT	
		Fuel III					
	OUTING 5th	Time		Time		Fuel OUT	
		Fuel III					
SESSION R A C E	1st Time	Time		Time		Fuel OUT	
		Fuel III					
	2nd Time	Time		Time		Fuel OUT	
		Fuel III					
	3rd Time	Time		Time		Fuel OUT	
		Fuel III					

- Sencillo pero muy efectivo es poner en el volante del piloto una figura con el circuito y nombrar cada curva con una letra o número, de forma tal que cuando se habla por la radio el piloto puede describir los problemas del auto por cada curva con un número. El ingeniero tiene una copia de esa figura así hablan “el mismo idioma”.
- Normalmente el ingeniero tiene unos “ayuda memoria” que son distintas opciones que tiene para cambiar en el auto. Se prepara de acuerdo a cada ingeniero pero generalmente se tiene cuando cambia de comba por cada mm de espesor, datos aerodinámicos, etc (ver figura)

**SET-UP ADJUSTMENTS**  
**F305**

Adjustments	Front	Rear
Toe	1 Turn = 0,48 ° 1° = 2,07 Turn of one rod-end	1 Turn = -0,6 ° 1° = 1,66 Turn of one rod-end
Camber	Shim 1mm = 0,28° Shim 1,5mm = 0,425°	Shim 1mm = 0,36° Shim 1,5mm = 0,55°
Ride Height Mono	1 Flat = 0,723mm 1 mm = 1 1/2 Flat	1 Flat = 1,015mm 1 mm = 0,98 Flat
Ride Height Twin	1 Flat = 0,71mm 1 mm = 1 1/2 Flat	1 Flat = 1,16mm 1 mm = 0,8 Flat
Motion Ratio Mono	Spring: 0,924 Arb: 1,590	Spring: 1,234 Arb: 2,083
Motion Ratio Twin	Spring: 1,123 Arb: 1,590	Spring: 1,237 Arb: 2,083

  

ARB: Front	
109,00	
136,00	
155,00	
181,00	
218,00	
272,00	
362,00	
457,00	
571,00	
761,00	
1197,00	
1796,00	
2504,00	

  

FRONT FRONT FLAP (MF & SF)							
Hole	Angle	Hole	Angle	Hole	Angle	Hole	Angle
1	10	8	17	15	24	22	31
2	11	9	18	16	25	23	32
3	12	10	19	17	26	24	33
4	13	11	20	18	27	25	34
5	14	12	21	19	28	26	35
6	15	13	22	20	29	27	36
7	16	14	23	21	30	28	37

  

REAR REAR TOP LDF							
Hole	Angle	Hole	Angle	Hole	Angle	Hole	Angle
1	0	4	3	7	6	10	9
2	1	5	4	8	7	11	10
3	2	6	5	9	8	12	11

  

REAR REAR TOP MDF & HDF							
Hole	Angle	Hole	Angle	Hole	Angle	Hole	Angle
1	2	7	8	13	14	19	20
2	3	8	9	14	15	20	21
3	4	9	10	15	16	21	22
4	5	10	11	16	17	22	23
5	6	11	12	17	18	23	24
6	7	12	13	18	19	24	25

  

REAR ARB	1-1	1-2	2-2	1-3	2-3	1-4	2-4	1-5	3-3	2-5	3-4	3-5	4-4	4-5	5-5
40	87,66	92,98	98,99	108,94	117,28	131,43	143,76	143,77	143,87	158,65	185,87	211,53	262,49	316,78	399,36
35	84,53	89,47	95,01	104,15	111,74	124,51	135,53	135,53	135,62	148,68	172,32	194,17	236,27	279,36	341,61
30	78,72	82,98	87,73	95,46	101,80	112,30	121,18	121,18	121,25	131,59	149,77	166,00	195,84	224,55	263,12
25	77,04	81,12	85,65	93,00	99,01	108,91	117,25	117,25	117,32	126,96	143,81	158,72	185,78	211,42	245,27
20	75,10	78,98	83,27	90,20	95,84	105,09	112,82	112,83	112,89	121,79	137,22	150,72	174,91	197,46	226,68
15	70,64	74,06	77,82	83,84	88,69	96,56	103,05	103,05	103,10	110,48	123,03	133,77	152,49	169,35	190,40
10	68,02	71,17	74,64	80,16	84,59	91,71	97,55	97,55	97,60	104,18	115,27	124,64	140,75	154,99	172,43
5	65,00	67,88	71,03	76,01	79,98	86,31	91,47	91,47	91,51	97,27	106,87	114,88	128,42	140,17	154,29
0	57,80	60,07	62,52	66,35	69,35	74,05	77,83	77,83	77,86	81,99	88,70	94,15	103,06	110,49	119,08
35	53,79	55,74	57,85	61,11	63,65	67,60	70,72	70,72	70,74	74,14	79,59	83,95	90,96	96,70	103,21
30	49,40	51,05	52,81	55,51	57,60	60,82	63,33	63,33	63,35	66,06	70,35	73,74	79,09	83,39	88,20
25	44,60	45,94	47,36	49,53	51,18	53,70	55,86	55,86	55,87	57,75	61,00	63,53	67,47	70,58	73,99
20	39,59	40,64	41,74	43,42	44,68	46,59	48,06	48,06	48,07	49,61	51,99	53,82	56,61	58,79	61,13
15	34,46	35,25	36,08	37,33	38,26	39,65	40,71	40,71	40,71	41,82	43,60	44,77	46,68	48,15	49,72
10	29,41	29,99	30,59	31,47	32,13	33,11	33,84	33,84	33,85	34,61	35,75	36,60	37,88	38,84	39,85
5	19,89	20,15	20,42	20,81	21,10	21,52	21,82	21,82	21,82	22,14	22,60	22,94	23,43	23,79	24,17
0	15,68	15,85	16,01	16,25	16,43	16,68	16,86	16,86	16,86	17,05	17,32	17,52	17,81	18,02	18,23

- Planilla para la toma de tiempos y para anotar comentarios del piloto y cambios realizados. Muchas veces en la misma planilla esta la puesta a punto del auto para ayudar a tomar rapidamente las decisiones sin necesidad de ir a mirar a otro lado que puesta a punto tiene el auto.

Page1/7

### TEAM MOTORSPORT

Event	9th RACE 2006		Driver	MUY RAPIDO		Length	3442
Circuit	Lausitzring		Engineer	MUY BUENO		Temp.	
Session	1st Pre Event Test		Date			Pressure	
	Front	Rear		Front	Rear	Differential	
Camber			ARB			Ramp	
Caster			Preload			Stack	
Toe			Rubber			Preload	
Susp. Geom			Packers			Wings	
Ride Height			Clearance			Front	
Springs			Dampers	Front	Rear	Low Rear	
Preload			Bump			Upp Rear	
Drop Stop			Rebound				
Gears Ratio	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	FINAL
Lap	Laptime	Tires	Fuel	Comments		Changes	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							

Page2/7

- Ademas de esta planilla se tiene todo asentado en forma electrónica. Generalmente se usa Excel por su simpleza, además de las posibilidades que brinda para hacer cálculos que ayudan al ingeniero a tomar decisiones.

SETUP 1st PRE EVENT TEST		F3 EUROSERIES SEASON 2005				MOTORSPORT							
Driver:		Muy Rapido											
Chassis N°:		F305		Date:		15.09.2005							
Engine N°:		SP		Track:		LAUSITZRING							
Event:		9 <sup>th</sup> RACE 2005											
MECHANICAL SETUP		FRONT		REAR		GEAR RATIOS		INPUT		OUTPUT		DIFFERENTIAL	
Springs Rate [lb/in]		750 MONO		800 800		1st		12		33		Friction Faces 8	
Spring Preload [Turns/mm]		? 13		? 2		2nd		15		27		Preload 0 Nm	
ARB [Type]		OC		19		3rd		16		25		Ramps 60/80	
ARB Preload [Turns]		1 1		5 5		4th		19		25		Sidebevel sp OUT	
Bump Rubber [Color / Code]		BLUE		No		5th		21		24			
Packers [mm]		??		No		6th		18		19			
Clearance [mm]		7 MONO		FULL		Final		12		34			
Ride Height [Real / Reference]		15		31									
Motion Ratio		1,123		1,234									
Roll Center		STD		D1									
TIRES ALIGNMENTS		FRONT		REAR		DISC SET		SYSTEM		PAD SET			
Camber [deg / shims mm]		3,5 3,5		2,5 2,5		FL FR		PERFORMANCE		FL FR			
Caster [deg]		1,1 1,1		23 23		RL RR		FRICTION		RL RR			
Toe Total [mm / deg]		4 out		3 in									
DAMPERS		FRONT		REAR									
Type		MONOSHOCK		KONI STD									
Compression [L/H] [clicks]		4 -		4 4									
Rebound [L/H] [clicks]		6 -		6 6									
Drop Stop [Y/N] [mm]		YES -		NO -									
AERODYNAMICS		FRONT		REAR		WATER RADIATOR		OIL RADIATOR		BRAKES			
Mainplane/Lower Rear [deg]		-1		11°		Left Hole OPEN		Tape Oil Rad OPEN		Front Ducts Yes			
Wing [Hole/Pos/deg]		13 F2 22		19 A4 20		Right Hole OPEN				Rear Ducts Yes			
Extra		HDF		HDF									
WEIGHT		BALLAST 1		FLOOR								COMMENTS	
114 117		Weight 17		FWD								ENGINE BLOW UP.	
161 160,5		Position Bellhousing		CENTER									
Total 562,5		BALLAST 2		RWD									
% Cross 49,37%		Weight 0											
% Front 41,81%		Position Gearbox											

### STIFFNESS ANALYSIS

SETUP	OPTION 1			
	FRONT		REAR	
Springs [lb/in]	900		800	
MR Springs	0,896		1,237	
ARBs	11		19	
ARBs Rate [N/m.m]	3.708,2		725,8	
ARB Bar Stiffness	0,0		0,0	
Monocoque Stiffness [kg/m.m]	497,4		210,7	
Monocoque Stiffness [N/m.m]	4.879,5		2.067,0	
MR ARB	1,548		1,808	
Track	1533		1470	
Wheelbase	2675			
Roll Center RH	-53,6		9,6	
Spring Wheel Rate [lb/in]	560,5269452		522,8180678	
Spring Wheel Rate [N/m.m]	98,20		91,59	
ARB Combined [N/m.m]	3708,18		725,81	
ARB Wheel Rate [N/m.m]	1547,46		222,04	
Tire Stiffness [kg/m.m]	21,30		21,95	
Tire Stiffness [N/m.m]	208,95		215,33	
Total Vertical Stiff [N/mm]	65,02		60,50	
Ride Height CG	250			
Front Weight Split	0,425			
Mass	550			
Roll Stiffness Calculation	FRONT		REAR	
	N.m/deg	Kg.m/deg	N.m/deg	Kg.m/deg
Monocoque	50031,6107	5100,06225	19487,3865	1986,48181
Springs	2013,74522	205,274742	1727,06617	176,051597
Arbs	31733,5447	3234,81598	4186,72103	426,780941
Tires	4284,9751	436,796647	4060,25756	413,88966
Total	3533,65684	360,209668	2142,69758	218,419733
Roll Moment Calculation	FRONT		REAR	
RC Axis RH at CG location	-17,26			
Lever Arm Rolling	267,26			
Lever Arm Non Rolling	-48,6		19,6	
Roll Moment	80,1461608		61,6850892	
RESULTS				
Roll Stiffness Front %	62,25%			
Roll Moment Front %	56,51%			
Vertical Stiffness Front %	51,80%			



4. Cuando el auto sale a pista, el piloto necesita dar un par de vueltas para tomar contacto (y confianza!) con la puesta a punto y ver las condiciones del circuito que generalmente son muy cambiantes, especialmente cuando varias categorías participan en el mismo fin de semana.

A partir de ahí comienza el trabajo del ingeniero en pista propiamente dicho: buscar la mejor puesta a punto posible en el menor tiempo posible!!.

Hay varias maneras que un ingeniero puede iniciar su trabajo, en mi caso me parece correcto comenzar a buscar un balance aerodinámico (no se olviden que hablo de autos de fórmula donde la aerodinamia es muy importante). Como balance aerodinámico se podría entender como siente el auto el piloto en las curvas rápidas del circuito, si se va de trompa, o cola o neutro (neutro, en mi entender significa que el piloto aún no ha llegado al límite del auto, por lo tanto debe intentar llegar a un punto donde el auto tenga un problema). Además del balance aerodinámico, podríamos aprovechar para ajustar adecuadamente las presiones de las gomas, si bien el auto puede estar muy lejos de la puesta a punto óptima, con lo que las presiones de las gomas seguramente cambiarán al obtener el balance adecuado, es importante estar lo mas cerca posible de la presión correcta de las gomas. Una vez alcanzado el balance aerodinámico adecuado nos concentraremos en el grip mecánico que será probar resortes, barras antirolidos, alineación de las ruedas, presiones de gomas, amortiguadores, etc. Una vez alcanzado un grip adecuado, seguramente habra que ajustar nuevamente la aerodinamia del auto, normalmente con la altura al piso.

5. Cada vez que el piloto entra a boxes, se toman notas de cada comentario y se discute con el piloto la opción mas adecuada para mejorar el auto. Esto depende principalmente del nivel técnico del piloto, ya que este es el primer “ingeniero”. Cuando no hay mucho tiempo para analizar los datos, el comentario del piloto es crucial en la toma de decisiones, por lo que debe ser lo mas conciso y preciso posible. Muy importante separar las fases de cada curva en entrada-tránsito-salida (se puede dividir en mas), si el problema es con gas o no, etc, etc.
6. Es importante intentar realizar un solo cambio por vez de forma de no “enmascarar” los problemas con otros cambios.
7. Una vez terminada la sesión, se retorna al box y se habla con el piloto acerca de toda la sesión. Se le da una hoja con el dibujo del circuito en donde el piloto deberá escribir curva por curva todo lo que el auto hace. Este es un paso un poco tedioso para el piloto pero muy importante porque es como el ADN del auto en esa sesión.
8. Se controla todos los datos de la adquisición para una evaluación mas exhaustiva del auto. Además se evalúan varias vueltas del piloto, se las compara con otro piloto y se ve mejoras en el auto y en la forma de conducir del piloto. La adquisición de datos, como lo dije anteriormente es todo un tema en si mismo, algún día cuando tenga un poco mas de tiempo puedo escribir algo si les interesa.
9. Se prepara un lista de cambios a realizar y se la entrega al mecánico encargado del auto para que este realice estos cambios. Se usa esta lista para que no haya margen a un error de interpretación ni que se olvide de hacer algún cambio solicitado.
10. Se pone al auto en el piso plano y se controla toda la puesta a punto de auto para la próxima sesión.

En fin esta es la tarea durante el fin de semana de carreras. Pero el trabajo del ingeniero no termina ahí, sigue en el taller volviendo a analizar los datos obtenidos durante el fin de semana y buscan mejoras en el auto mediante modificaciones o “invenciones” a realizar. Además se lleva un control muy detallado de todo lo reemplazado en el auto y los kilómetros de uso de cada pieza, de esta forma nos aseguramos de no tener ninguna sorpresa de que alguna pieza falle porque esta fuera de su límite de vida.

Espero que les haya gustado, si bien la forma en que escribi este “reporte” no es la mas profesional, creo que se entiende en su concepto. Hay mucho aspectos que no describo, sería interminable, pero los mas importantes están (siempre según mi experiencia, no quiere decir que no haya otra forma mas eficiente de hacer el trabajo).

Gracias por leerlo y hasta la próxima.

Dolsun