

CAPÍTULO 5:

Análisis de resultados

1. ANALISIS DE RESULTADOS

1.1. Introducción

En el presente capítulo, en líneas generales, se mostrarán los resultados obtenidos por los diferentes programas y métodos descritos en capítulos anteriores aplicados sobre la instalación de climatización de nuestro edificio en cuestión para posteriormente realizar un análisis comparativo, por medio de gráficas, de los mismos.

El capítulo está estructurado en cuatro bloques, análisis dimensional, análisis de pérdidas de carga, análisis de velocidades del aire en el interior de los conductos y resultados globales.

En el último bloque, denominado “resultados globales”, se establecen las necesidades planteadas por los programas en cuanto a las superficies de conductos empleadas en el montaje del sistema y en la demanda energética, en forma de presión, necesarias en el ventilador para alcanzar las condiciones óptimas de operación.

Debemos advertir en estos momentos que aunque mostraremos todos los resultados obtenidos para todos los tramos que constituyen la red de conductos únicamente representaremos y haremos una comparativa entre aquellos tramos considerados más significativos a nuestro juicio. Entre ellos se encuentran los tramos que componen la rama de mayor longitud (TR_01; TR_05; TR_09; TR_10; TR_12) y la rama de mayor pérdida de carga (TR_01; TR_05; TR_09; TR_13, TR_14), debido a que esta última será la que condicione la elección del ventilador.

1.2. Análisis dimensional de conductos

1.2.1. Resultados obtenidos

Las tablas que se muestran a continuación resumen los valores obtenidos en los cuatro programas utilizados, tanto para el método de pérdida de carga constante (PCC) como para el método de recuperación de la presión estática (RE), en cuanto a los diámetros equivalentes calculados de los diferentes conductos, sus dimensiones (longitud real, base y altura), y sus secciones.

Método de pérdida de carga constante

DIMENSIONES (mm) Y SECCIONES (M ²)																	
T R -	L re al (m)	DAWIN				CONDU-2D				MC4				ÁNGEL MENOR			
		De q	B	H	Se c.	De q	B	H	Se c	D eq	B	H	Se c	D eq	B	H	Se c.
1	7,00	520	800	300	0,240	571	800	400	0.32	533	600	400	0.24	480	600	400	0,24
2	4,01	218	200	200	0,040	284	300	250	0.075	328	300	300	0.09	283	280	280	0,08
3	1,00	164	150	150	0,023	194	250	200	0.05	219	200	200	0.04	218	220	220	0,04
4	3,99	164	150	150	0,023	203	250	200	0.05	219	200	200	0.04	218	220	220	0,04
5	6,00	457	600	300	0,180	540	500	400	0.2	488	500	400	0.2	441	490	400	0,19
6	4,00	273	250	250	0,063	310	300	250	0.075	328	300	300	0.09	283	280	280	0,08
7	1,00	218	200	200	0,040	214	250	200	0.05	219	200	200	0.04	218	220	220	0,04
8	3,99	164	150	150	0,023	225	250	200	0.05	219	200	200	0.04	218	220	220	0,04
9	6,00	457	600	300	0,180	493	500	400	0.2	437	400	400	0.16	388	390	390	0,15
10	2,00	273	250	250	0,063	358	400	300	0.12	328	300	400	0.12	299	300	300	0,09
11	1,00	218	200	200	0,040	250	250	250	0.062	273	250	250	0.06 25	231	230	230	0,05
12	5,00	218	200	200	0,040	271	250	250	0.062	273	250	250	0.06 25	231	230	230	0,05
13	2,00	328	300	300	0,090	258	400	300	0.12	328	300	300	0.09	299	300	300	0,09
14	1,00	218	200	200	0,040	250	250	250	0.062	273	250	250	0.06 25	231	230	230	0,05
15	5,00	218	200	200	0,040	271	250	250	0.062	273	250	250	0.06 25	231	230	230	0,05

Tabla 1. Resultados. Dimensiones y secciones de los conductos. Método de PCC

Método de recuperación estática

DIMENSIONES (mm) Y SECCIONES (M ²)																	
T R —	L _{re} (m)	DAWIN				CONDU-2D				MC4				ÁNGEL MENOR			
		Deq	B	H	Sec.	Deq	B	H	Sec.	Deq	B	H	Sec.	Deq	B	H	Sec.
1	7,00	520	800	300	0,240	571	800	400	0,240	609	800	400	0,32	480	600	400	0,24
2	4,01	218	200	200	0,040	284	300	250	0,070	383	350	350	0,12	270	270	270	0,072
3	1,00	164	150	150	0,023	194	250	200	0,036	328	300	300	0,09	180	180	180	0,032
4	3,99	164	150	150	0,023	203	250	200	0,039	328	300	300	0,09	210	210	210	0,044
5	6,00	457	600	300	0,180	484	800	400	0,32	609	800	400	0,32	448	510	400	0,204
6	4,00	218	200	200	0,040	292	400	300	0,082	437	400	400	0,16	280	280	280	0,078
7	1,00	164	150	150	0,023	213	250	200	0,042	383	350	350	0,12	190	190	190	0,036
8	3,99	164	150	150	0,023	213	250	250	0,046	383	350	350	0,12	220	220	220	0,048
9	6,00	457	600	300	0,180	420	600	400	0,204	609	800	400	0,32	436	480	400	0,192
10	2,00	365	334	334	0,112	313	400	400	0,108	488	500	400	0,2	350	350	350	0,122
11	1,00	303	277	277	0,077	230	300	250	0,056	437	400	400	0,16	260	260	260	0,067
12	5,00	164	150	150	0,023	230	300	250	0,064	437	400	400	0,16	310	310	310	0,096
13	2,00	273	250	250	0,063	313	400	400	0,108	488	500	400	0,2	320	320	320	0,102
14	1,00	218	200	200	0,040	230	300	250	0,056	437	400	400	0,16	230	230	230	0,052
15	5,00	218	200	200	0,040	230	300	250	0,064	437	400	400	0,16	280	280	280	0,078

Tabla 2. Resultados. Dimensiones y secciones de los conductos. Método de RE

1.2.2 Sensibilidad al método

Una vez mostrados los resultados obtenidos comentaremos las discrepancias más significativas que encontramos entre los métodos para un mismo programa, a lo que bien podría denominar la “la sensibilidad al método” de la instalación.

Para una misma aplicación, las dimensiones lineales obtenidas mediante el método de RE son, salvo pequeñas excepciones, superiores a las calculadas por medio del método de PCC, y como consecuencia, las dimensiones directas de las dimensiones las secciones de los conductos.

Para DAWIN la mayoría de los tramos se conservan iguales en ambos métodos, pero curiosamente el sobredimensionamiento se produce en más tramos por el método de P.C.C. que por R.E.

Los tramos 6,7, 12 y 13 son mayores por el método de PCC, con una diferencia de 50mm llegando hasta un 33% en el caso de los lados y un 74% más en el caso de la sección siendo la diferencia de $0,027 \text{ m}^2$.

En cambio en los tramos 10 y 11 el sobredimensionamiento es a cargo del método de RE, que aunque se producen en menos tramos las diferencias dimensionales son mayores, ya que entre lados esta es de 84 mm , lo que supone un 34% de aumento, y relativo a la sección el aumento es de 0.049 m^2 (73%) el valor máximo diferencial.

En el caso de la aplicación de Sodeca la diferencia entre lados no supera los 100mm de los dos métodos, lo que supone un máximo de un 37.5 %, a excepción del tramo 5 donde el sobredimensionamiento del método de recuperación estática es muy elevado ya que la diferencia dimensional es de 300 mm, en lado horizontal, lo que supone que la sección aumenta 0.14 m^2 un 60%.

En MC4 es donde se encuentran las mayores diferencias entre los dos métodos ya que en todos los tramos las dimensiones por el método de recuperación estática son superiores a las del de pérdida de carga constante, en general las diferencias rondan los 150 mm tanto en el ancho como en altura, con salvedades como en los tramos 1 y 9 donde las diferencias de las tabicas aumentan hasta los 200 y 300 mm respectivamente. En cuanto a las secciones las diferencias son superiores al 200 % entre métodos, triplicando el valor en caso de los tramos 7 y 8.

En cuanto a Ángel Menor las diferencias son mínimas, la diferencia máxima de altura no supera los 30 mm salvo en los tramos 9, 12, 13 y 15 el valor máximo corresponde al tramo 9 y es de 90 mm (24 %) y en el ancho es de 30 igualmente salvo en los tramos 10 y 12, en este ultimo la diferencia ahora es de 80 mm (35%). En cuanto a las secciones la mayor diferencia se encuentra en el tramo 12 y su valor es de $0,045 \text{ m}^2$ (82%).

Comprobaremos a continuación mediante un gráfico las valoraciones realizadas anteriormente para los tramos que constituyen las ramas de mayor pérdida de carga y de mayor longitud.

DaWin

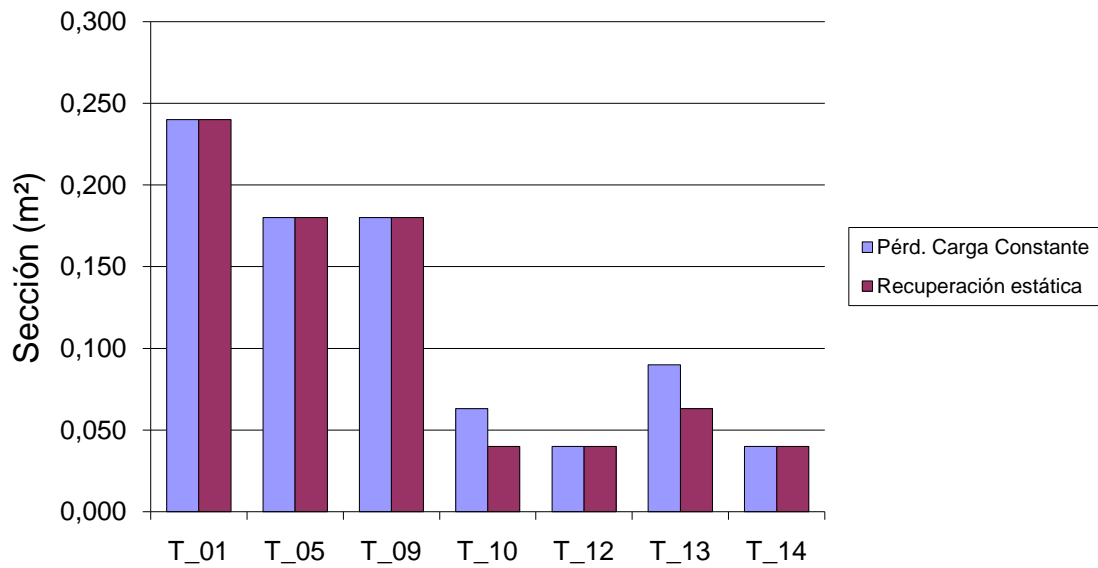


Fig.1 Comparativa de secciones entre métodos

CONDU-2D

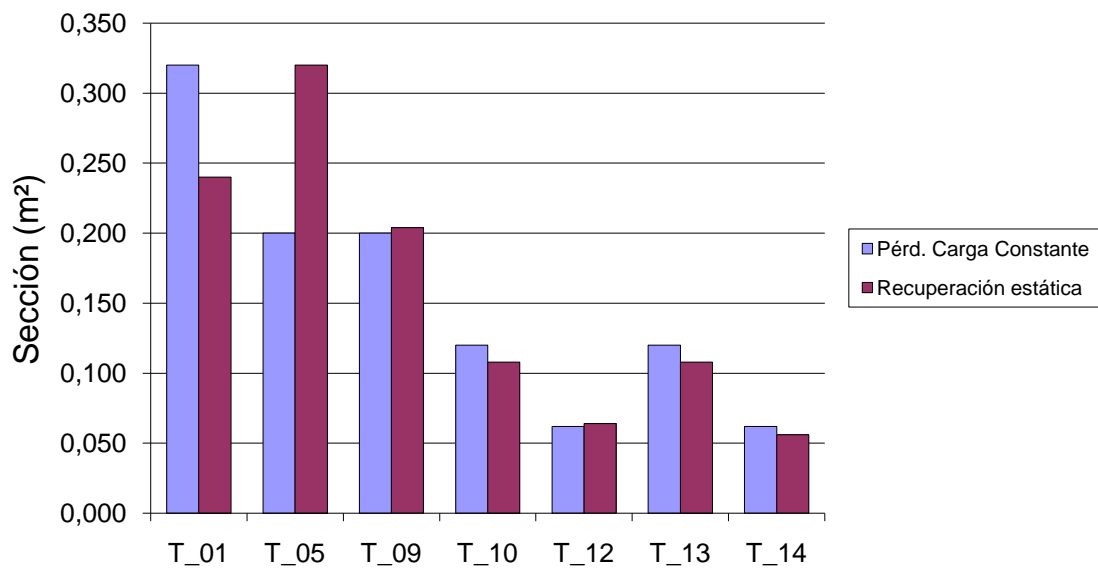


Fig.2 Comparativa de secciones entre métodos

MC4

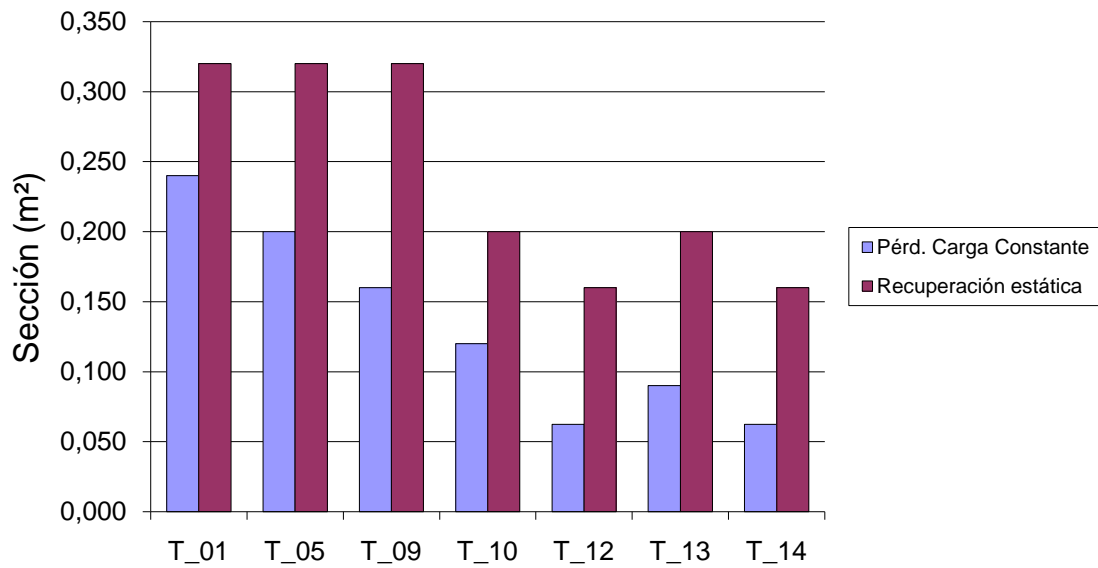


Fig.3 Comparativa de secciones entre métodos

Ángel Menor

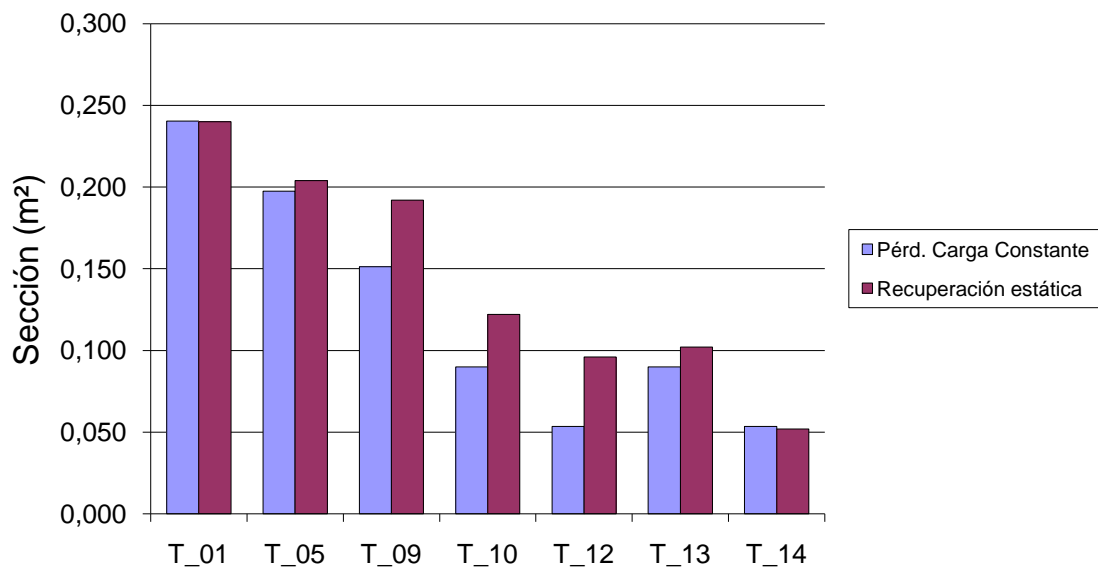


Fig.4 Comparativa de secciones entre métodos

1.2.3 Sensibilidad al programa

Evaluando los cuatro programas para un mismo método, obtenemos la “sensibilidad al programa” de la instalación:

En función de método utilizado se obtienen resultados muy diversos, así para el método de pérdida de carga constante con el programa que obtenemos mayores dimensiones es Condu_2d, que destaca frente al resto especialmente frente a DAWIN que es el que menores dimensiones requiere, en cuanto a los otros programas son casi parejos salvo en algún tramo. Sin embargo en recuperación estática es MC4 quien destaca por sobredimensionar los conductos, a continuación le siguen Condu_2d y Ángel Menor, por último DAWIN es la aplicación que concibe los conductos de menor sección.

Se pudo observar que las mayores diferencias se encuentran entre DAWIN y Condu_2D con respecto a la hoja de cálculo de Ángel Menor y que los tramos más significativos son el 1 donde se encuentra la mayor diferencia de entre de todas, ya que la diferencia en la base es de 400mm lo que supone un aumento del 100% con respecto a la de Ángel Menor, en la relación DAWIN-Condu_2d las dimensiones son bastante dispares salvo en el primer tramo, en el resto hay diferencias notables con una media de 75mm por lado, son las dos aplicaciones que mayores discrepancias presentan en el global de la instalación, DAWIN con el resto de programas presenta tabicas sobredimensionadas sobretodo en los tramos principales tr_1, tr_5 y tr_9 alcanzando la mayor diferencia en el primer tramo aunque hay que reseñar que también, en el resto de los tramos hay diferencias notables que alcanzan el 50%, con la salvedad de algún tramo en el que el programa de Procuno presenta tabicas inferiores. Las diferencias en Condu_2D con Ángel Menor y MC4 no son tan destacables como con DAWIN, en cuanto al global de la instalación aunque se encuentran varios tramos donde también alcanzan valores de 100mm de diferencia entre tabicas. En cuanto a la relación Ángel-Menor-MC4 son los programas que para el método de PCC coinciden a la hora de dimensionar, 20mm es la mayor desigualdad que encontramos, excluyendo los tramos primero y quinto donde alcanza los 200mm en la base.

En cuanto a las secciones encontramos que son bastante homogéneas salvo en el caso de Condu_2d en el primer tramo donde alcanza los 0,12 m² y con DAWIN, en esta aplicación las secciones de los tramos con menores dimensiones, mantienen diferencias de 0,08 m², lo que supone un 70% menor con respecto a las otras aplicaciones. No se encuentran contradicciones importantes entre el resto de aplicaciones.

En cuanto al método de recuperación estática hay que destacar la aplicación MC4, ya que sobredimensiona todos los tramos con respecto al resto de programas con una media de un 100mm en ambas dimensiones, aunque la diferencia se hace más evidente en los tramos terminales donde las dimensiones de la base y la altura llegan a un sobredimensionamiento del doble con respecto al siguiente programa que en nuestro caso es Condu_2d. MC4 con las otras dos aplicaciones se hacen aun más latentes las diferencias llegando a diferencias de 320 mm en la base como en el caso del tramo 9.

En la relación DAWIN-Ángel Menor las diferencias son poco apreciables, aunque hay que destacar que conforme avanzamos por la instalación y nos acercamos al difusor las diferencias aunque sean poco reseñables aumentan, y en cuanto a DAWIN-Condu_2d, los tramos con mayores desigualdades son TR_1 donde se encuentra la mayor discrepancia y los tramos terminales donde los valores diferenciales son de 100mm de media, lo que supone un 50% mayor para las tabicas.

Por último la relación entre MC4 y Condu_2D, hay que reseñar que aunque las discrepancias sean menores que con el resto de aplicaciones, siguen siendo muy notables, tan solo en el tramo 1 hay igualdad dimensional, en el resto las diferencias son grandes llegando

las diferencias a 200mm en el tramo 5, pero no bajan de 100mm en el resto la instalación.

En cuanto a las secciones podemos ver en la grafica como MC4 destaca con respecto al resto de los programas, en todos los tramos sobredimensiona al menos en un 50% de la medida. 0.18 m² es la mayor diferencia dimensional y se produce en los tramos 1, 5 y 8, sin embargo, porcentualmente se produce en los tramos 12 y 14, siendo el valor del 87,5%. Poco reseñables es el resto de comparativas ya que las diferencias salvo excepciones son poco relevantes para el estudio, salvo en la relación DAWIN Condu_2d, donde hay tramo con porcentajes diferenciales del 50%, en los tramos terminales.

Pérdida de carga constante

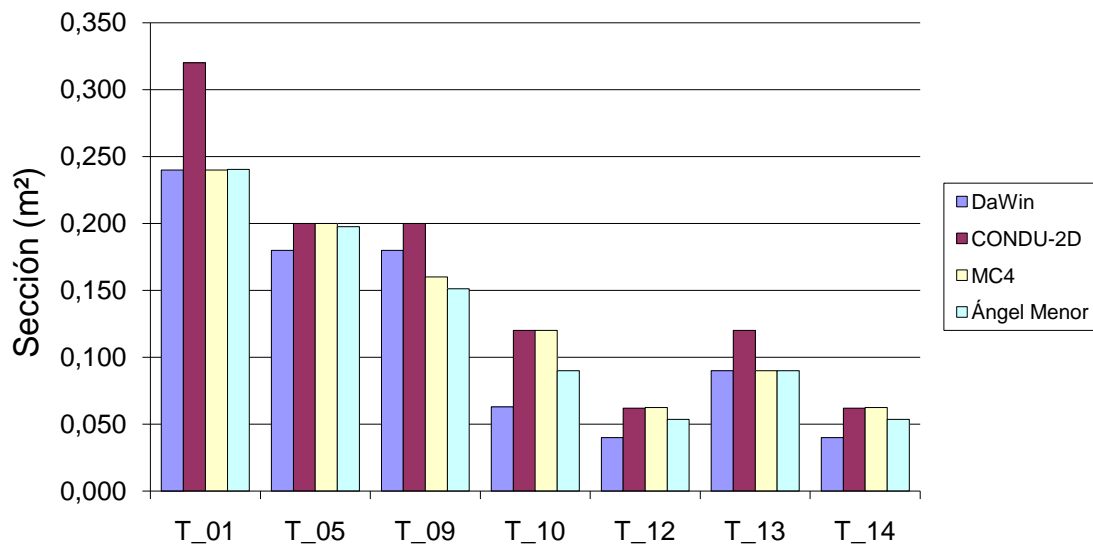


Fig.5 Comparativa de secciones entre programas

Recuperación estática

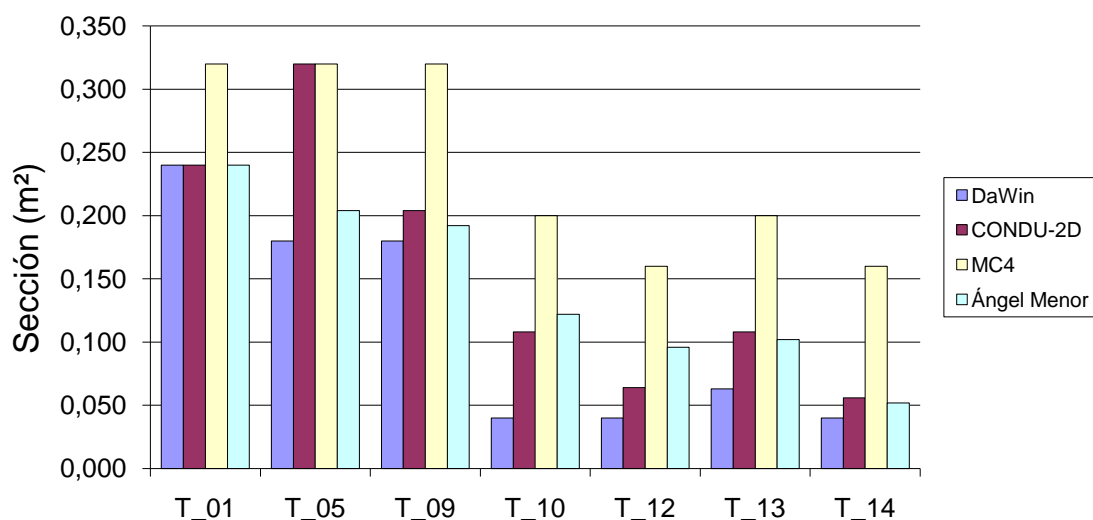


Fig.6 Comparativa de secciones entre métodos

1.3 . Análisis de pérdidas de carga

1.3.1. Resultados obtenidos

En primer lugar se presentaran los resultados obtenidos por los diferentes métodos y programa para posteriormente llegar a una valoración mediante un análisis comparativo y crítico en forma de gráfica que nos facilite la toma de decisión en cuanto al método más adecuado en función de la instalación de climatización que se pretenda proyectar en un edificio o local.

Las tablas mostradas resumen los valores obtenidos en los programas utilizados, en cuanto a la longitud equivalente de cada tramo, las pérdidas de carga estáticas –suma de pérdidas de carga en tramos, codos, derivaciones y otros posibles accesorios que contuviera el tramo- las pérdidas de carga dinámicas y pérdidas en difusores.

Por otra parte debemos señalar que en todos los programas, para el cálculo de la recuperación estática en los acoplamientos, consideraremos un factor de minoración de $K= 0,75$.

Perdidas de carga constante

PERDIDAS DE CARGA ESTATICA, DINAMICA Y TOTAL									
Tramos	DAWIN								
	L_{eq}	PC/UL	$P_{tr+codo}$	$P_{est.der}$	RE_{deriv}	$P_{accesor}$	$P_{est.}$	$P_{dinam.}$	$P_{difusor}$
1	0,00	0,9	5,5	0,0	0,00	0.0	5,5	21,81	0.0
2	5,44	1,5	12,9	10,9	6,40	0.0	30,2	30,34	0.0
3	3,87	2,4	3,7	15,2	-4,50	0.0	14,4	24,35	24,5
4	1,92	2,3	14,5	5,9	-5,01	0.0	15,39	23,66	23,9
5	-0,09	1,1	6,9	-0,6	2,42	0.0	8,72	25,04	0.0
6	6,53	1,7	6,0	11,4	-5,52	0.0	11,88	17,68	0.0
7	7,03	1,2	1,6	9,3	-2,38	0.0	8,52	14,51	46,3
8	2,44	1,3	14,7	5,2	4,71	0.0	24,61	23,96	24,2
9	-1,23	0,6	3,7	-0,8	-8,05	0.0	-5,15	12,52	0.0
10	2,73	1,3	4,1	3,8	9,63	0.0	13,43	25,35	0.0
11	7,84	1	1,7	11,7	-7,46	0.0	5,94	15,41	49,1
12	2,89	1	8,7	4,2	-7,36	0.0	5,54	15,53	49,5
13	2,73	1,3	1,8	3,8	12,17	0.0	17,17	28,74	0.0
14	7,84	1	1,8	9,0	-9,21	0.0	1,59	16,46	52,5
15	2,89	1	9,0	3,5	-9,49	0.0	3,01	16,09	51,4

Leyenda: $L_{eq}(m)$ -Longitud equivalente total (tramo + codos); $PC/UL(Pa/m)$ -Pérdida de presión estática por unidad de longitud; $P_{tr+codos}(Pa)$ -Pérdida de presión estática en el tramo y codos pertenecientes al tramo; $P_{est.deriv}(Pa)$ -Pérdida de presión estática en la derivación; $RE_{deriv}(Pa)$ -Recuperación de presión estática en la derivación; $P_{acceso.}(Pa)$ -Pérdida de presión estática en accesorios; $P_{est.}(Pa)$ -Pérdida de presión estática en el tramo; $P_{dinam.}(Pa)$ -Presión dinámica en el tramo; $P_{difusor}(Pa)$ -Pérdida de presión estática en el difusor.

Tabla 3. Resultados. Perdidas de carga. Método de PCC

PERDIDAS DE CARGA ESTATICA, DINAMICA Y TOTAL									
Tramos	Condu_2d								
	L _{eq.}	PC/UL	P _{tr+codo}	P _{est.deriv}	RE _{deriv}	P _{accesor}	P _{est.}	P _{dinam.}	P _{difusor}
1	8,26	1	8,26	2,77	0,00	0,0	11,03	12,24	0,0
2	9,22	1	9,22	10,34	-0,28	0,0	19,28	11,87	0,0
3	9,85	1	9,85	0,0	-3,89	0,0	5,96	6,67	39,96
4	6,1	1	6,1	0,0	-3,89	0,0	2,21	6,67	36,62
5	5,88	1	5,88	8,79	4,77	0,0	19,44	18,61	0,0
6	13,10	1	13,10	10,34	-5,06	0,0	18,38	11,87	0,0
7	9,85	1	9,85	0,0	-3,89	0,0	5,96	6,67	50,17
8	6,1	1	6,1	0,0	-3,89	0,0	2,21	6,67	46,84
9	4,73	1	4,73	0,0	-7,12	0,0	-2,39	9,11	0,0
10	8,79	1	8,79	3,42	-2,09	0,0	10,12	12,8	0,0
11	1,00	1	1,00	0,0	0,37	0,0	0,63	5,82	40,77
12	6,62	1	6,62	0,0	0,37	0,0	6,25	5,82	44,58
13	8,79	1	8,79	3,10	-2,09	0,0	9,8	6,32	0,0
14	7,24	1	7,24	0,0	0,37	0,0	6,87	5,82	45,00
15	8,2	1	8,2	0,0	0,37	0,0	7,83	5,82	45,65

Leyenda: L_{eq.}(m)-Longitud equivalente total (tramo + codos); PC/UL(Pa/m)-Pérdida de presión estática por unidad de longitud; P_{tr+codos}(Pa)-Pérdida de presión estática en el tramo y codos pertenecientes al tramo; P_{est.deriv.}(Pa)-Pérdida de presión estática en la derivación; RE_{deriv.}(Pa)-Recuperación de presión estática en la derivación; P_{acceso.}(Pa)-Pérdida de presión estática en accesorios; P_{est.}(Pa)-Pérdida de presión estática en el tramo; P_{dinam.}(Pa)-Presión dinámica en el tramo; P_{difusor}(Pa)-Pérdida de presión estática en el difusor.

Tabla 4. Resultados. Perdas de carga. Método de PCC

PERDIDAS DE CARGA ESTÁTICA, DINÁMICA Y TOTAL									
Tramos	MC4								
	L _{eq.}	PC/UL	P _{tr+codos}	P _{est.deriv}	RE _{deriv}	P _{accesor}	P _{est.}	P _{dinam.}	P _{difusor}
1	*	0.88	6.98	0,0	0	0	6.98	21.67	0.0
2	*	0.62	2.48	10.85	-13.43	0	26.76	8.24	0.0
3	*	1.28	1.28	3.19	5.33	0	9.8	10.62	8.31
4	*	1.28	8.32	1.07	5.33	0	14.72	10.62	8.31
5	*	0.82	4.94	3.05	-2.79	0	5.2	18.88	0.0
6	*	0.62	2.48	8.54	-10.64	0	0.38	8.24	0.0
7	*	1.28	1.28	3.19	5.33	0	10.18	10.62	8.31
8	*	1.28	8.32	1.07	5.33	0	14.72	10.62	8.31
9	*	0.73	4.37	2.6	-4.42	0	2.55	14.45	0.0
10	*	0.83	1.66	3.91	3.32	0	8.89	11.13	0.0
11	*	0.56	0.56	4.38	-8.72	0	-3.78	5.79	7.55
12	*	0.56	5.41	2.39	-8.72	0	-6.33	5.79	7.55
13	*	0.83	1.66	3.91	-3.32	0	2.25	11.13	0.0
14	*	0.56	0.56	4.38	-8.72	0	-3.78	5.79	7.55
15	*	0.56	5.41	2.39	-8.72	0	-6.33	5.79	7.55

Leyenda: **L_{eq.}(m)**-Longitud equivalente total (tramo + codos); **PC/UL(Pa/m)**-Pérdida de presión estática por unidad de longitud; **P_{tr+codos}(Pa)**-Pérdida de presión estática en el tramo y codos pertenecientes al tramo; **P_{est.deriv.}(Pa)**-Pérdida de presión estática en la derivación; **RE_{deriv.}(Pa)**-Recuperación de presión estática en la derivación; **P_{acceso.}(Pa)**-Pérdida de presión estática en accesorios; **P_{est.}(Pa)**-Pérdida de presión estática en el tramo; **P_{dinam.}(Pa)**-Presión dinámica en el tramo; **P_{difusor}(Pa)**-Pérdida de presión estática en el difusor.

Tabla 5. Resultados. Perdas de carga. Método de PCC

PERDIDAS DE CARGA ESTATICA, DINAMICA Y TOTAL									
Tramos	Ángel Menor								
	$L_{eq.}$	PC/UL	$P_{tr+codos}$	$P_{est.deriv}$	RE_{deriv}	$P_{accesor}$	$P_{est.}$	$P_{dinam.}$	$P_{difusor}$
1	7,98	1	7,98	11,35	0,0	0,0	7,98	21,74	0,0
2	15,35	1	15,35	11,35	-8,5	0,0	18,2	10,41	0,0
3	7,90	1	7,90	0,0	-2,29	0,0	5,61	7,35	47,31
4	6,85	1	6,85	0,0	-2,29	0,0	4,46	7,35	46,26
5	5,27	1	5,27	9,08	-2,01	0,0	7,07	19,05	0,0
6	13,09	1	13,09	6,39	-6,48	0,0	13	10,41	0,0
7	7,09	1	7,09	0,0	-2,3	0,0	4,79	7,35	50,32
8	6,85	1	6,85	0,0	-2,3	0,0	4,55	7,35	49,27
9	4,91	1	4,91	0,0	-2,34	0,0	8,25	15,93	0,0
10	7,68	1	7,68	5,68	-3,51	0,0	4,17	11,25	0,0
11	1,00	1	1,00	0,0	-2,48	0,0	-1,48	7,94	49,97
12	6,18	1	6,18	0,0	-2,48	0,0	3,7	7,94	55,16
13	7,68	1	7,68	7,4	-3,51	0,0	11,57	11,25	0,0
14	8,41	1	8,41	0,0	-2,48	0,0	5,93	7,94	57,38
15	8,03	1	8,03	0,0	-2,48	0,0	5,55	7,94	57,01

Leyenda: $L_{eq.}(m)$ -Longitud equivalente total (tramo + codos); **PC/UL(Pa/m)**-Pérdida de presión estática por unidad de longitud; $P_{tr+codos}(Pa)$ -Pérdida de presión estática en el tramo y codos pertenecientes al tramo; $P_{est.deriv.}(Pa)$ -Pérdida de presión estática en la derivación; **RE_{deriv.}(Pa)**-Recuperación de presión estática en la derivación; $P_{acceso.}(Pa)$ -Pérdida de presión estática en accesorios; $P_{est.}(Pa)$ -Pérdida de presión estática en el tramo; $P_{dinam.}(Pa)$ -Presión dinámica en el tramo; $P_{difusor}(Pa)$ -Pérdida de presión estática en el difusor.

Tabla 6. Resultados. Perdidas de carga. Método de PCC

Nos parece interesante también mostrar el equilibrado obtenido por cada aplicación para el conjunto de difusores. Los difusores están identificados en función de la posición que ocupan en la zonificación realizada en el capítulo 4. Aunque para que la comparativa resulte más práctica nosotros consideramos el equilibrado en la rama como suma del equilibrado necesario en los tramos de conducción e impulsión. Destacar que tanto DAWIN como MC4, nos permite equilibrar tanto en las ramas finales como con accesorios a los largo de la instalación.

EQUILIBRADO NECESARIO												
Z O N A S	DAWIN			Condu_2D			MC4			Ángel Menor		
	CAUD AL (M ³ /h)	P _{ESTAT} (Pa)	Eq. (Pa)	CAU DAL (M ³ /h)	P _{ESTAT} (Pa)	Eq. (Pa)	CAUD AL (M ³ /h)	P _{ESTAT} (Pa)	Eq. (Pa)	CAU DAL (M ³ /h)	P _{ESTAT} (Pa)	Eq. (Pa)
1	600	68	0,0	600	8,31	10,6	600	39,96	10,22	600	47,32	10,06
2	600	56,4	0,0	600	8,31	10,6	600	36,62	13,56	600	46,27	11,11
3	600	48,6	0,0	600	8,31	5,68	600	50,17	0,0	600	50,32	7,06
4	600	50,3	0,0	600	8,31	4,92	600	46,84	3,34	600	49,27	8,11
5	700	59,1	0,0	700	7,55	5,36	700	40,77	9,41	700	49,98	7,40
6	700	59,9	0,0	700	7,55	2,5	700	44,58	5,59	700	55,16	2,22
7	700	59,1	0,0	700	7,55	5,36	700	45,00	5,17	700	57,39	0,0
8	700	59,9	0,0	700	7,55	2,5	700	45,65	4,52	700	57,01	0,37

Tabla 7. Resultados. Equilibrado necesario. Método de PCC

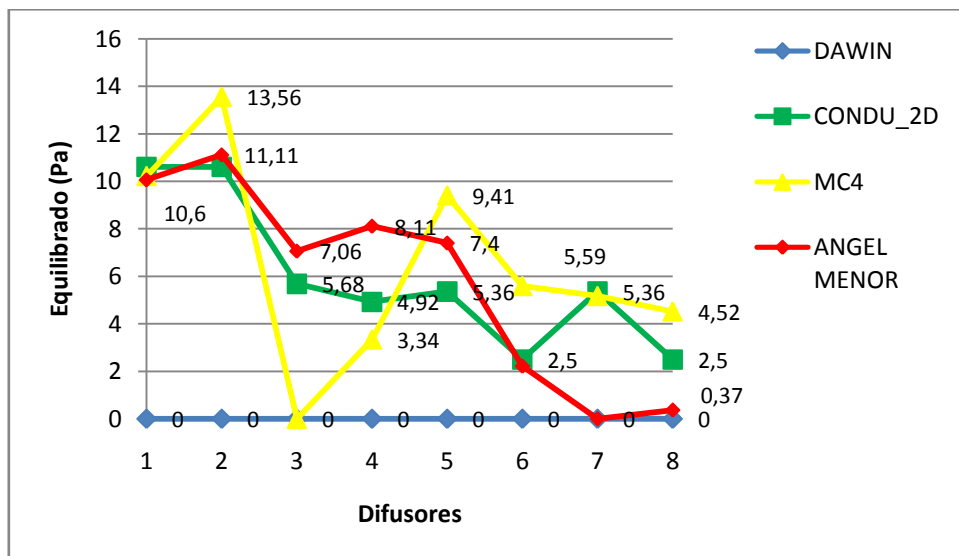


Fig.7 Comparativa de equilibrado por zonas y programas

Método de recuperación estática

PERDIDAS DE CARGA ESTATICA, DINAMICA Y TOTAL									
Tramos	DAWIN								
	L _{eq.}	PC/UL	P _{tr+codos}	P _{est.deriv}	RE _{deriv}	P _{accesor}	P _{est.}	P _{dinam.}	P _{difusor}
1	0,00	0.9	6.4	0,0	0.0	0.0	6.4	21.9	0,0
2	3,08	3.6	14,5	11,1	9,57	0.0	34.77	34,58	0,0
3	4,13	4.2	4,2	17,3	-5,18	0.0	16.32	27,66	27,9
4	1,65	4.1	16,3	6,7	-5,67	0.0	17.33	27	27,2
5	-0,55	1.1	6,7	-0,6	1,78	0.0	7.88	24,2	0,0
6	4,02	3.3	13,3	13,4	5,64	0.0	32.34	31,72	0,0
7	4,10	3.9	3,9	15,8	-4,78	0.0	14.92	25,35	25,6
8	1,64	3.8	15,1	6,2	-5,24	0.0	16.06	24,72	25,0
9	-0,71	0.7	3,9	-0,5	-8,04	0.0	-4.64	13,46	0,0
10	7,23	0.5	1,1	3,9	-3,75	0.0	1.25	8,46	0,0
11	7,86	0.6	0,6	4,4	-1,16	0.0	3.84	6,91	81,9
12	1,32	4.4	22,2	5,8	15,7	0.0	43.7	29,49	29,8
13	1,74	2.3	4,6	4,0	11,45	0.0	20.05	28,73	0,0
14	6,87	1.9	1,9	13,3	-8,44	0.0	6.76	17,48	55,7
15	2,43	2.0	9,8	4,7	-16,12	0.0	-1.62	17,61	56,2

Leyenda: **L_{eq.}(m)**-Longitud equivalente total (tramo + codos); **PC/UL(Pa/m)**-Pérdida de presión estática por unidad de longitud; **P_{tr+codos}(Pa)**-Pérdida de presión estática en el tramo y codos pertenecientes al tramo; **P_{est.deriv.}(Pa)**-Pérdida de presión estática en la derivación; **RE_{deriv.}(Pa)**-Recuperación de presión estática en la derivación; **P_{acceso.}(Pa)**- Pérdida de presión estática en accesorios; **P_{est.}(Pa)**- Pérdida de presión estática en el tramo; **P_{dinam.}(Pa)**-Presión dinámica en el tramo; **P_{difusor}(Pa)**-Pérdida de presión estática en el difusor.

Tabla 8. Resultados. Perdidas de carga. Método de RE

PERDIDAS DE CARGA ESTATICA, DINAMICA Y TOTAL									
Tramos	Condu_2d								
	L _{eq.}	PC/UL	P _{tr+codos}	P _{est.deriv}	RE _{deriv}	P _{accesor}	P _{est.}	P _{dinam.}	P _{difusor}
1	8,26	0,53	4,28	1,37	0,00	0,0	5,65	12,24	0,0
2	10,49	1,17	12,27	3,26	-0,28	0,0	15,25	11,87	0,0
3	9,85	0,89	8,76	0,0	-3,89	0,0	4,87	6,67	41,44
4	6,1	0,89	5,42	0,0	-3,89	0,0	1,53	6,67	38,10
5	5,63	0,33	1,86	1,02	-3,75	0,0	-0,87	7,25	0,0
6	14,16	0,38	5,38	3,34	-1,95	0,0	1,39	4,65	0,0
7	3,73	0,89	3,32	0,0	1,52	0,0	4,84	6,67	30,91
8	7,1	0,51	3,62	0,0	-0,27	0,0	3,35	4,29	31,39
9	5,21	0,33	1,72	0,0	-0,70	0,0	1,02	6,32	0,0
10	11,88	0,24	2,85	10,34	-2,07	0,0	8,27	3,55	0,0
11	1,00	0,44	0,44	0,0	0,36	0,0	0,8	4,04	34,54
12	7,04	0,44	3,10	0,0	0,36	0,0	3,46	4,04	37,18
13	11,88	0,24	2,85	3,44	-2,07	0,0	4,22	3,55	0,0
14	6,62	0,44	2,91	0,0	0,36	0,0	3,27	4,04	37,00
15	8,47	0,44	3,73	0,0	0,36	0,0	4,09	4,04	37,81

Leyenda: **L_{eq.}(m)**-Longitud equivalente total (tramo + codos); **PC/UL(Pa/m)**-Pérdida de presión estática por unidad de longitud; **P_{tr+codos}(Pa)**-Pérdida de presión estática en el tramo y codos pertenecientes al tramo; **P_{est deriv.}(Pa)**-Pérdida de presión estática en la derivación; **RE_{deriv.}(Pa)**-Recuperación de presión estática en la derivación; **P_{acceso.}(Pa)**-Pérdida de presión estática en accesorios; **P_{est.}(Pa)**-Pérdida de presión estática en el tramo; **P_{dinam.}(Pa)**-Presión dinámica en el tramo; **P_{dofusor}(Pa)**-Pérdida de presión estática en el difusor.

Tabla 9. Resultados. Perdidas de carga. Método de RE

PERDIDAS DE CARGA ESTÁTICA, DINÁMICA Y TOTAL									
Tramos	MC4								
	L _{eq.}	PC/UL	P _{tr+codos}	P _{est.deriv}	RE _{deriv}	P _{accesor}	P _{est.}	P _{dinam.}	P _{difusor}
1	*	0.45	10.22	0.0	0.0	0.0	10.22	12.19	0.0
2	*	0.29	1.15	6.43	-7.8	0.0	-0.22	4.39	0.0
3	*	0.17	0.17	1.89	-1.47	0.0	0.59	2.91	8.31
4	*	0.17	1.65	1.03	-1.47	0.0	1.21	2.91	8.31
5	*	0.27	1.63	3.66	-4.82	0.0	0.47	7.37	0.0
6	*	0.15	0.6	4.5	-4.72	0.0	0.38	2.65	0.0
7	*	0.08	0.08	1.19	0.26	0.0	1.53	2.91	8.31
8	*	0.08	0.95	0.63	0.26	0.0	1.84	2.91	8.31
9	*	0.14	0.83	2.43	-3.91	0.0	-0.65	3.47	0.0
10	*	0.12	0.23	0.98	-1.29	0.0	-0.08	2.17	0.0
11	*	0.06	0.06	1.28	-0.23	0.0	1.11	2.41	7.55
12	*	0.06	0.84	0.42	-0.23	0.0	1.06	2.41	7.55
13	*	0.12	0.23	0.98	-1.29	0.0	0.08	2.17	0.0
14	*	0.06	0.06	1.28	0.23	0.0	1.57	2.41	7.55
15	*	0.06	0.84	0.42	0.23	0.0	1.49	2.41	7.55

Leyenda: **L_{eq.}(m)**-Longitud equivalente total (tramo + codos); **PC/UL(Pa/m)**-Pérdida de presión estática por unidad de longitud; **P_{tr+codos}(Pa)**-Pérdida de presión estática en el tramo y codos pertenecientes al tramo; **P_{est.deriv.}(Pa)**-Pérdida de presión estática en la derivación; **RE_{deriv.}(Pa)**-Recuperación de presión estática en la derivación; **P_{acceso.}(Pa)**-Pérdida de presión estática en accesorios; **P_{est.}(Pa)**-Pérdida de presión estática en el tramo; **P_{dinam.}(Pa)**-Presión dinámica en el tramo; **P_{difusor}(Pa)**-Pérdida de presión estática en el difusor.

Tabla 10. Resultados. Pérdidas de carga. Método de RE

PERDIDAS DE CARGA ESTÁTICA, DINÁMICA Y TOTAL									
Tramos	Ángel Menor								
	L _{eq.}	PC/UL	P _{tr+codos}	P _{est.deriv}	RE _{deriv}	P _{accesor}	P _{est.}	P _{dinam.}	P _{difusor}
1	24,29	1,01	24,53	10,51	0,00	0,0	35,04	21,67	0,0
2	11,99	1,31	15,7	5,95	-6,24	0,0	15,41	13,35	0,0
3	3,57	2,31	8,25	0,0	0,78	0,0	9,03	14,39	64,65
4	3,02	1,17	3,53	0,0	-3,70	0,0	0,17	8,42	63,57
5	5,60	0,91	5,1	9,72	-2,99	0,0	3,02	17,68	0,0
6	12,84	1,10	14,12	5,26	-4,60	0,0	14,78	11,55	0,0
7	3,63	1,99	7,22	0,0	1,23	0,0	8,45	13,18	67,12
8	3,05	1,03	3,14	0,0	-2,81	0,0	0,33	7,80	66,33
9	4,64	0,54	2,5	3,53	-6,04	0,0	-0,01	9,63	0,0
10	9,41	0,47	4,42	2,17	-2,57	0,0	4,02	6,20	0,0
11	4,67	0,59	2,75	0,0	-0,70	0,0	2,05	5,27	62,51
12	-9,7	0,24	-2,32	0,0	-2,75	0,0	-5,07	2,53	58,45
13	7,02	0,70	4,91	3,66	-0,84	0,0	7,73	8,51	0,0
14	4,84	0,95	4,6	0,0	-0,72	0,0	3,88	7,54	64,85
15	4,64	0,37	1,71	0,0	-3,69	0,0	-1,98	3,58	63,16

Leyenda: L_{eq.}(m)-Longitud equivalente total (tramo + codos); PC/UL(Pa/m)-Pérdida de presión estática por unidad de longitud; P_{tr+codos}(Pa)-Pérdida de presión estática en el tramo y codos pertenecientes al tramo; P_{est.deriv.}(Pa)-Pérdida de presión estática en la derivación; RE_{deriv.}(Pa)-Recuperación de presión estática en la derivación; P_{accesor.}(Pa)-Pérdida de presión estática en accesorios; P_{est.}(Pa)-Pérdida de presión estática en el tramo; P_{dinam.}(Pa)-Presión dinámica en el tramo; P_{difusor}(Pa)-Pérdida de presión estática en el difusor.

Tabla 11. Resultados. Perdidas de carga. Método de RE

EQUILIBRADO NECESARIO												
ZONAS	DAWIN			Condu_2d			MC4			Ángel Menor		
	CAUDAL (M ³ /h)	P _{ESTAT} (Pa)	Eq. (Pa)	CAUDAL (M ³ /h)	P _{ESTAT} (Pa)	Eq. (Pa)	CAUDAL (M ³ /h)	P _{ESTAT} (Pa)	Eq. (Pa)	CAUDAL (M ³ /h)	P _{ESTAT} (Pa)	Eq. (Pa)
1	584,4	68	0,0	600	41,44	0,0	600	8,31	0,62	600	64,65	2,47
2	574,0	56,4	0,0	600	38,10	3,34	600	8,31	0,62	600	63,57	3,55
3	602,7	48,6	0,0	600	30,91	10,53	600	8,31	0,67	600	67,12	0,0
4	613,2	50,3	0,0	600	31,39	10,05	600	8,31	0,37	600	66,33	0,80
5	704,0	59,1	0,0	700	34,54	6,90	700	7,55	2,81	700	62,51	4,61
6	708,8	59,9	0,0	700	37,18	4,26	700	7,55	2,89	700	58,45	8,68
7	704,0	59,1	0,0	700	37,00	4,44	700	7,55	2,81	700	64,85	2,27
8	708,8	59,9	0,0	700	37,81	3,63	700	7,55	2,89	700	63,16	3,96

Tabla 12. Resultados. Equilibrado necesario. Método de RE

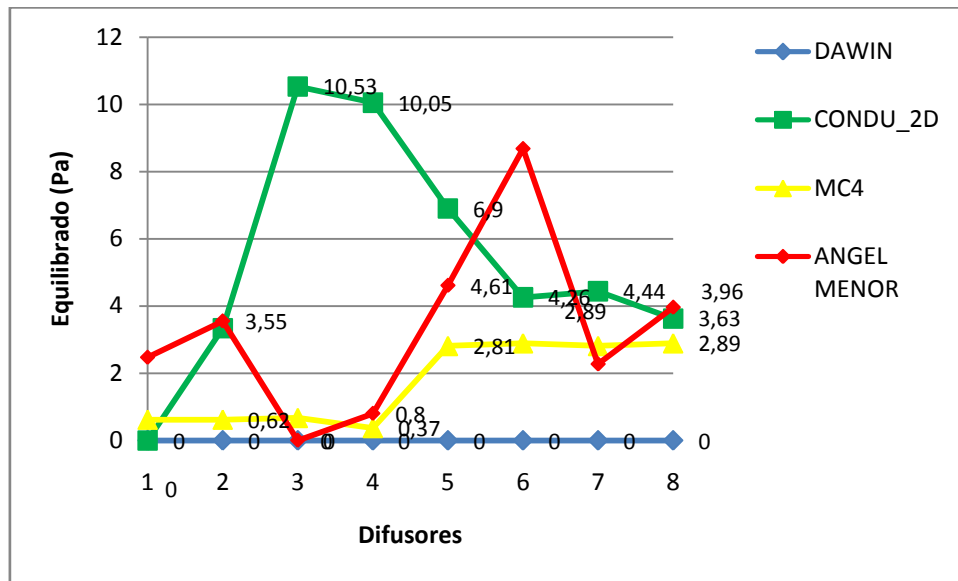


Fig.8 Comparativa de equilibrado por zonas y programas

1.3.2. Sensibilidad al método

Las características más importantes encontradas en la instalación en cuanto a pérdidas de carga se refiere respecto al método, “sensibilidad al método”, se resumen en los siguientes puntos:

- Salvo en DAWIN donde las pérdidas de carga son mayores en PCC, en la mayoría de la instalación en el resto de aplicaciones, pequeñas excepciones que se dan en cada programa, CONDU_2D -tramo 8; MC4 -tramos 11, 12, 14 y 15; ANGEL MENOR -tramos 1, 3, 6, 7 y 11, la pérdida de carga obtenida es superior para el método de PCC que para RE. Tanto en pérdidas totales de estática como dinámica. La regla la verifican las tres aplicaciones informáticas. Sin embargo DAWIN no verifica la regla ni en presiones ni en dimensiones.

Las mayores diferencias en pérdida de presión estática se encuentran en DAWIN especialmente claras son en los tramo 5, 9 y 11 donde las discrepancias entre métodos son respectivamente de 20,46 Pa, 12,18 Pa y 38,16 Pa. El resto de tramos podemos dividirlos en dos grupos el primero con una media de 4 Pa y el segundo entorno a 1 Pa de diferencia. Aun así es el método con la media más baja en cuanto a diferencias. En cuanto a la pérdida de presión dinámica se encuentra en segundo lugar en diferencias medias entre métodos, señalar los tramos 6, 7, 10 y 12, destacando el tramo 10 con la diferencia más abultada de todas las aplicación 16,89 Pa.

ANGEL MENOR es el segundo programa con diferencias entre métodos más alta, a ello contribuye notablemente el tramo, cuyo valor diferencial es de 27,06 Pa, a continuación el tramo 11 con 8,77 y el 14 con 7,53, al igual que DAWIN, el resto pueden dividirse en dos grupos con una media de 5 Pa el primero y de 3 el segundo. No son relevantes las diferencias entre pérdidas de presiones dinámicas. Destacar que en el último tramo la presión total aumenta, puede deberse al tratamiento que el programa hace a los difusores, esto se observa solo en la rama mas larga del método de RE.

La aplicación CONDU_2D solo tiene diferencias notables en los tramos 4 y 5 de 20,31 y 16,99 Pa respectivamente, el resto de tramos están en torno a los 3 Pa, entre métodos.

Por último MC4 cuyos tramos apenas presentan discrepancias reseñables, exceptuando los tramos 2, 4 y 8, el tramos dos con una diferencia de 26,98 Pa. Tan solo es reseñable los tramos 5 y 6 con diferencias de 11,39 y 7,22 Pa respectivamente, el resto no supera los 2 pascales y en muchos casos esta entorno a cero.

Las características expuestas anteriormente serán analizadas gráficamente a continuación para las ramas:

- Rama de Mayor Pérdida de Carga (RMPC)

Se representaran para cada programa y método los resultados obtenidos en los tramos que constituyen la rama de mayor pérdida de carga.

- Rama de Mayor Longitud (RML)

Se representaran para cada programa y método los resultados obtenidos en los tramos que constituyen la rama de mayor longitud.

Fig.9. Pérdidas de presión en la rama de mayor longitud. Método PCC

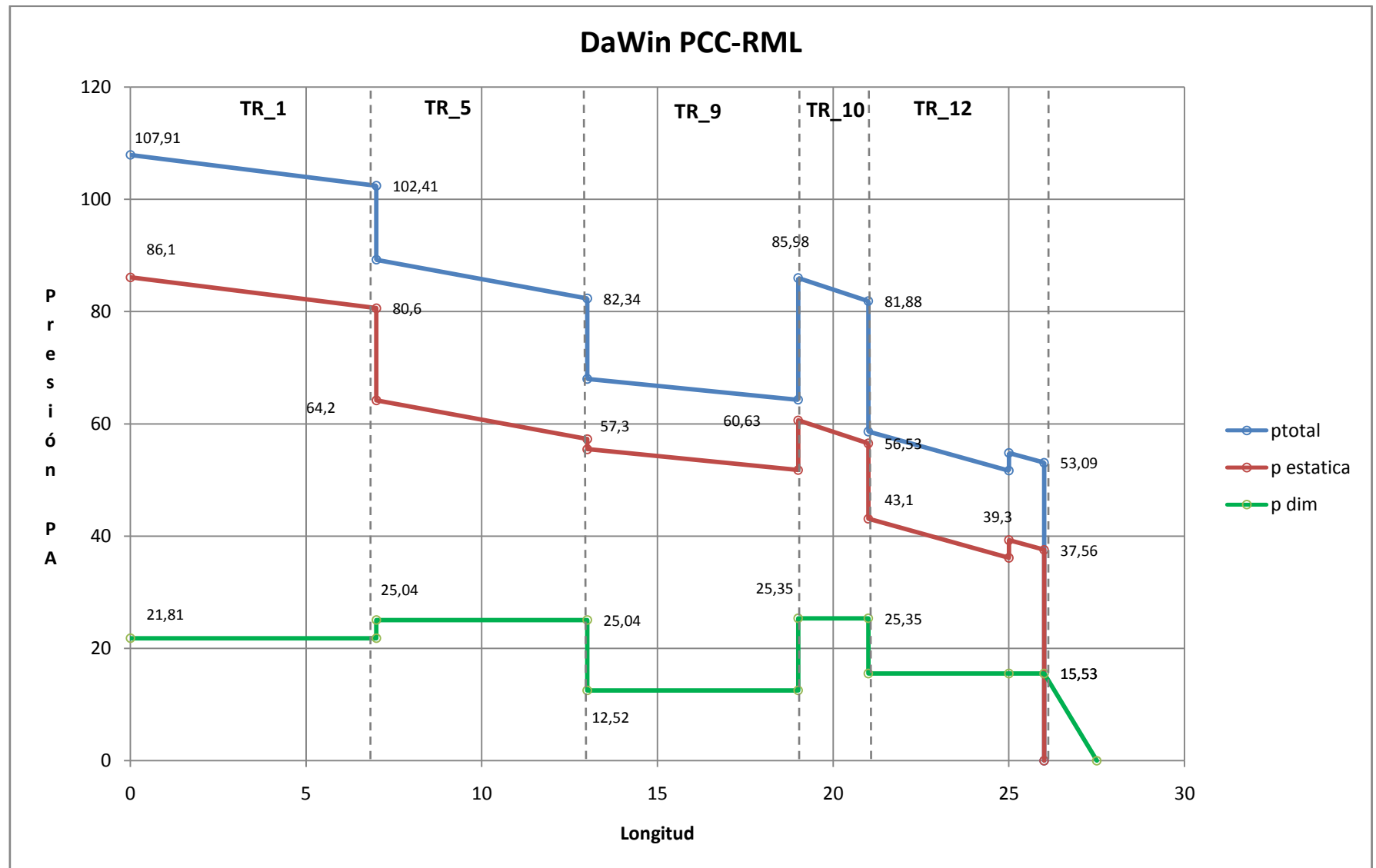


Fig.10. Pérdidas de presión en la rama de mayor longitud. Método RE

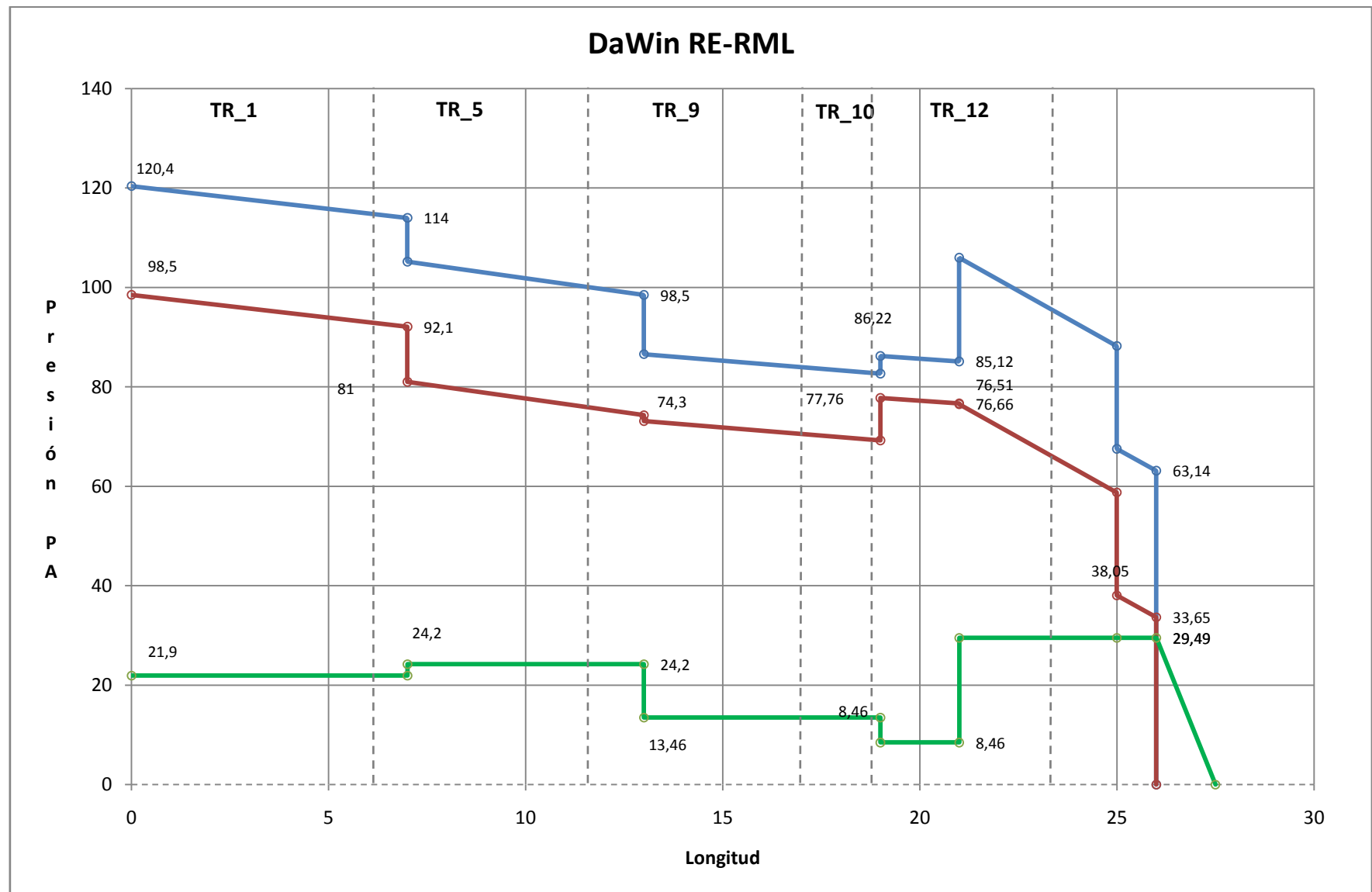


Fig.11. Pérdidas de presión en la rama de mayor longitud. Método PCC

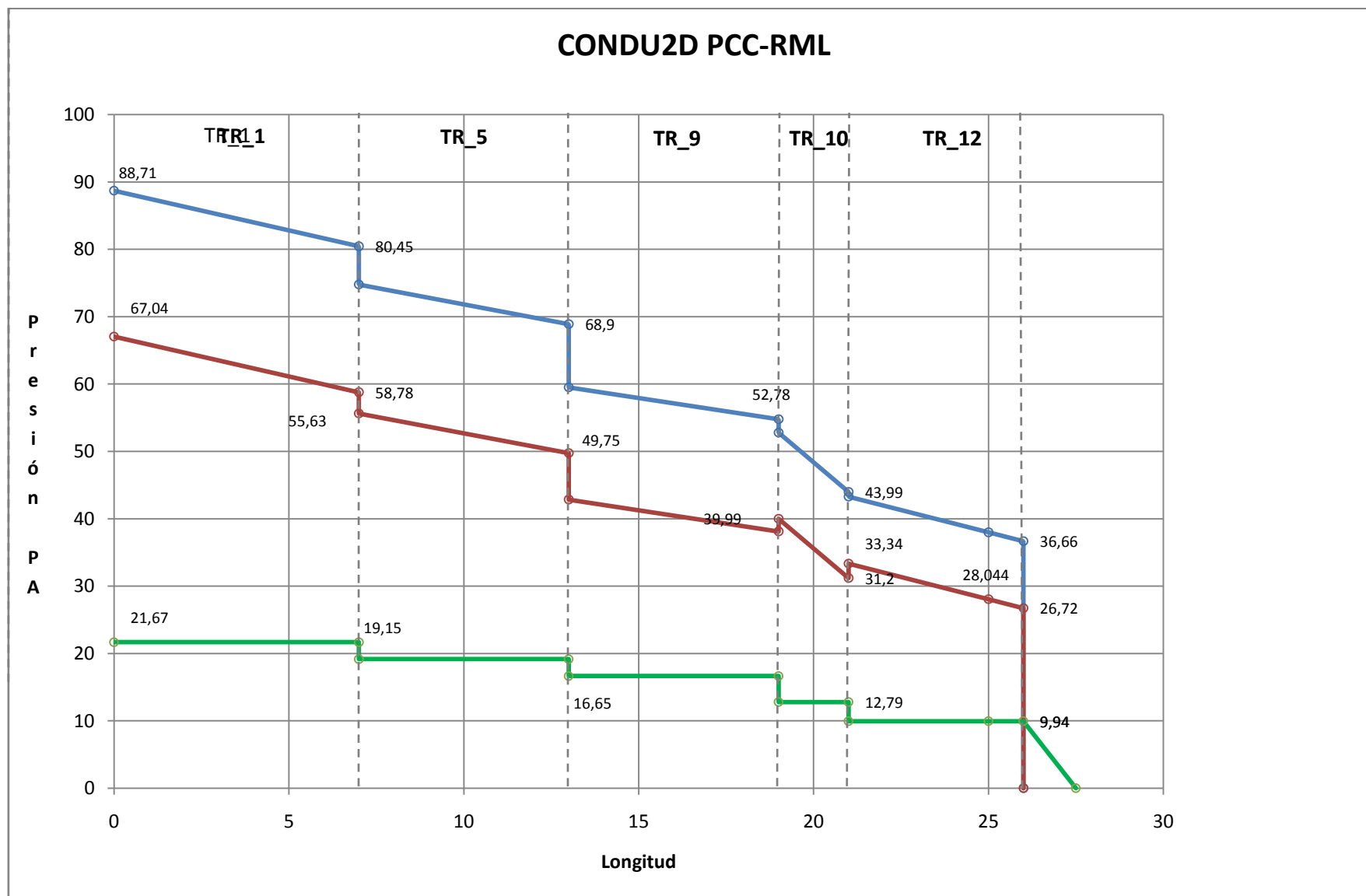


Fig.12. Pérdidas de presión en la rama de mayor longitud. Método RE

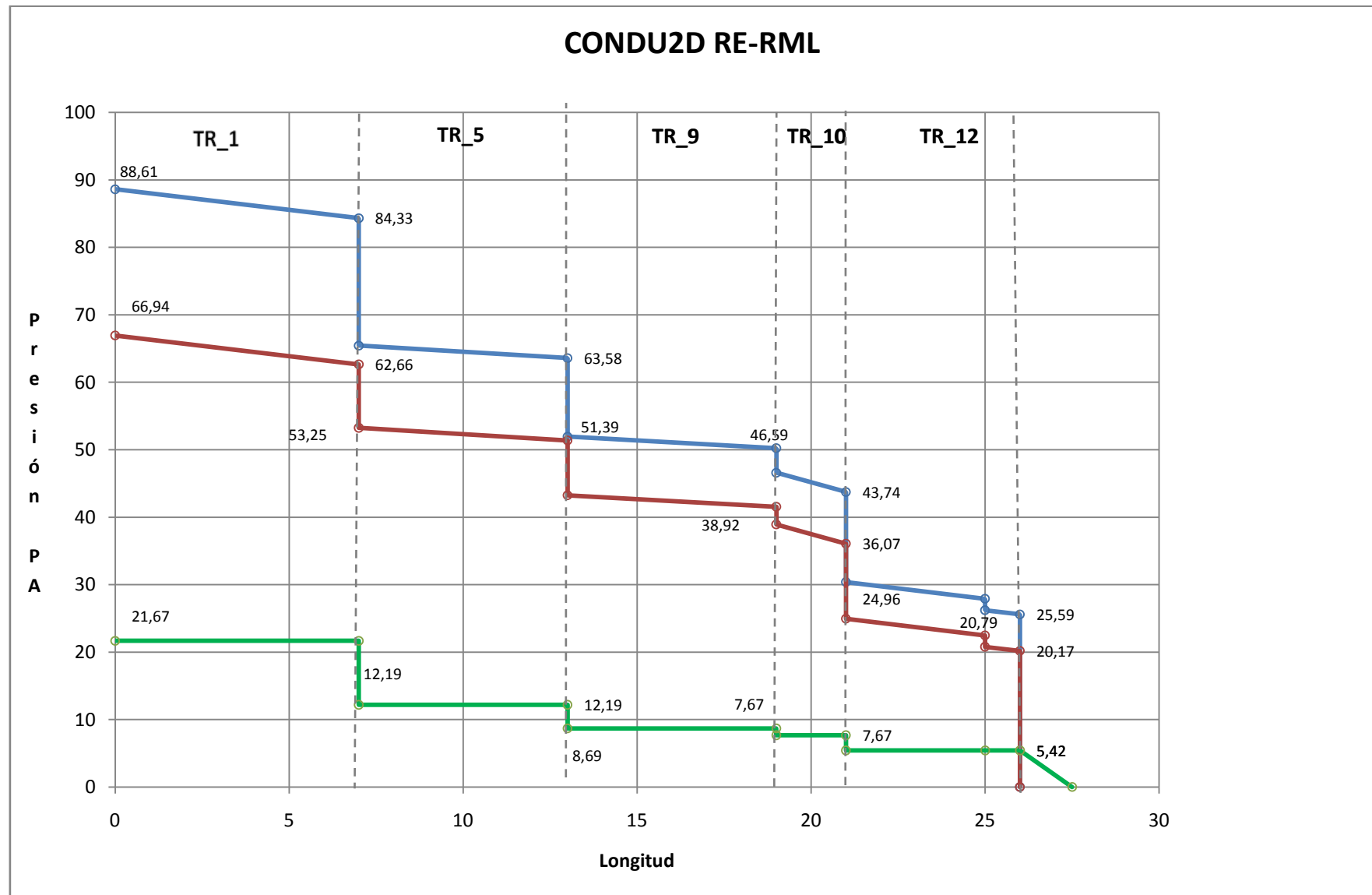


Fig.13. Pérdidas de presión en la rama de mayor longitud. Método PCC

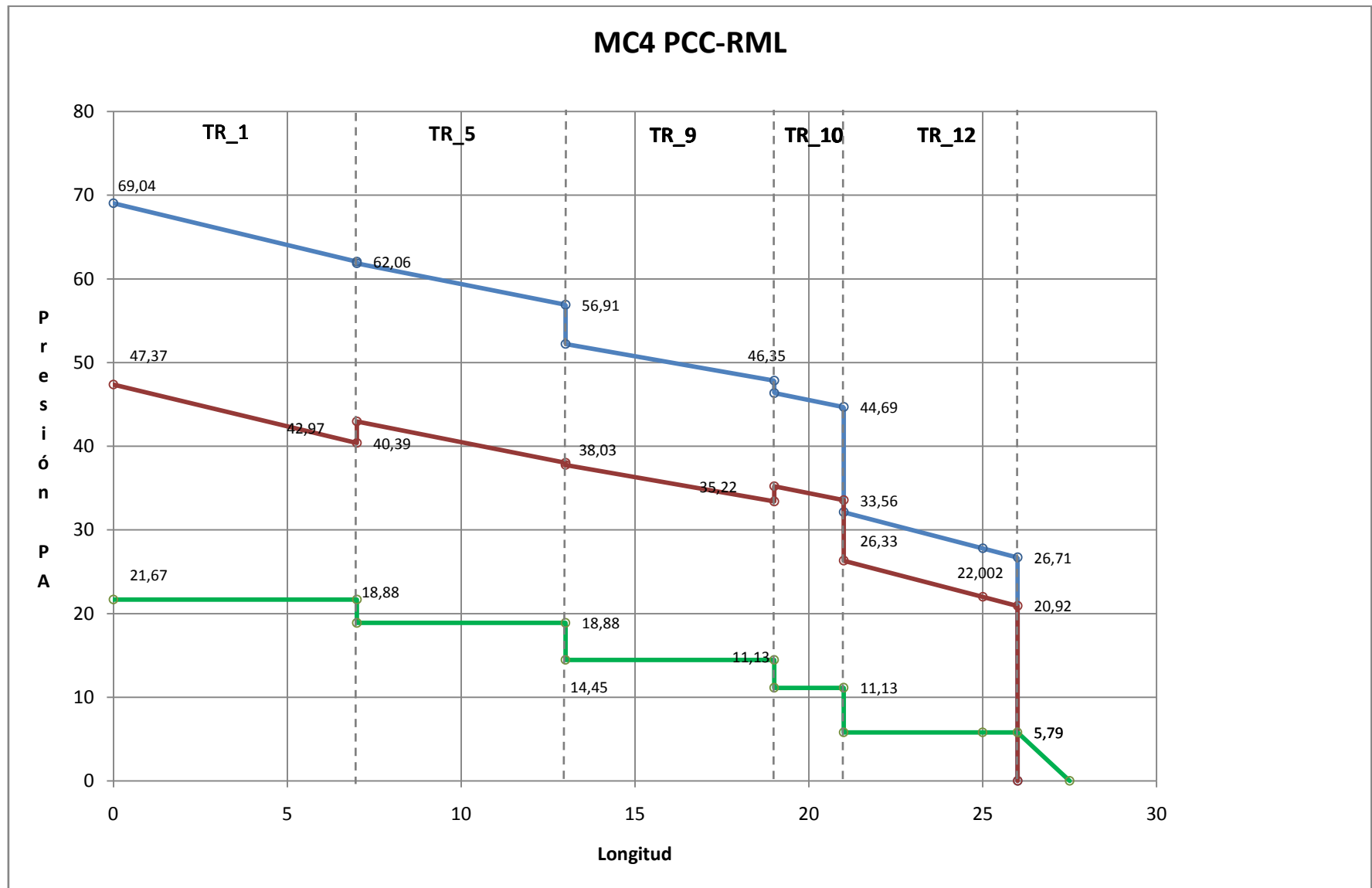


Fig.14. Pérdidas de presión en la rama de mayor longitud. Método RE

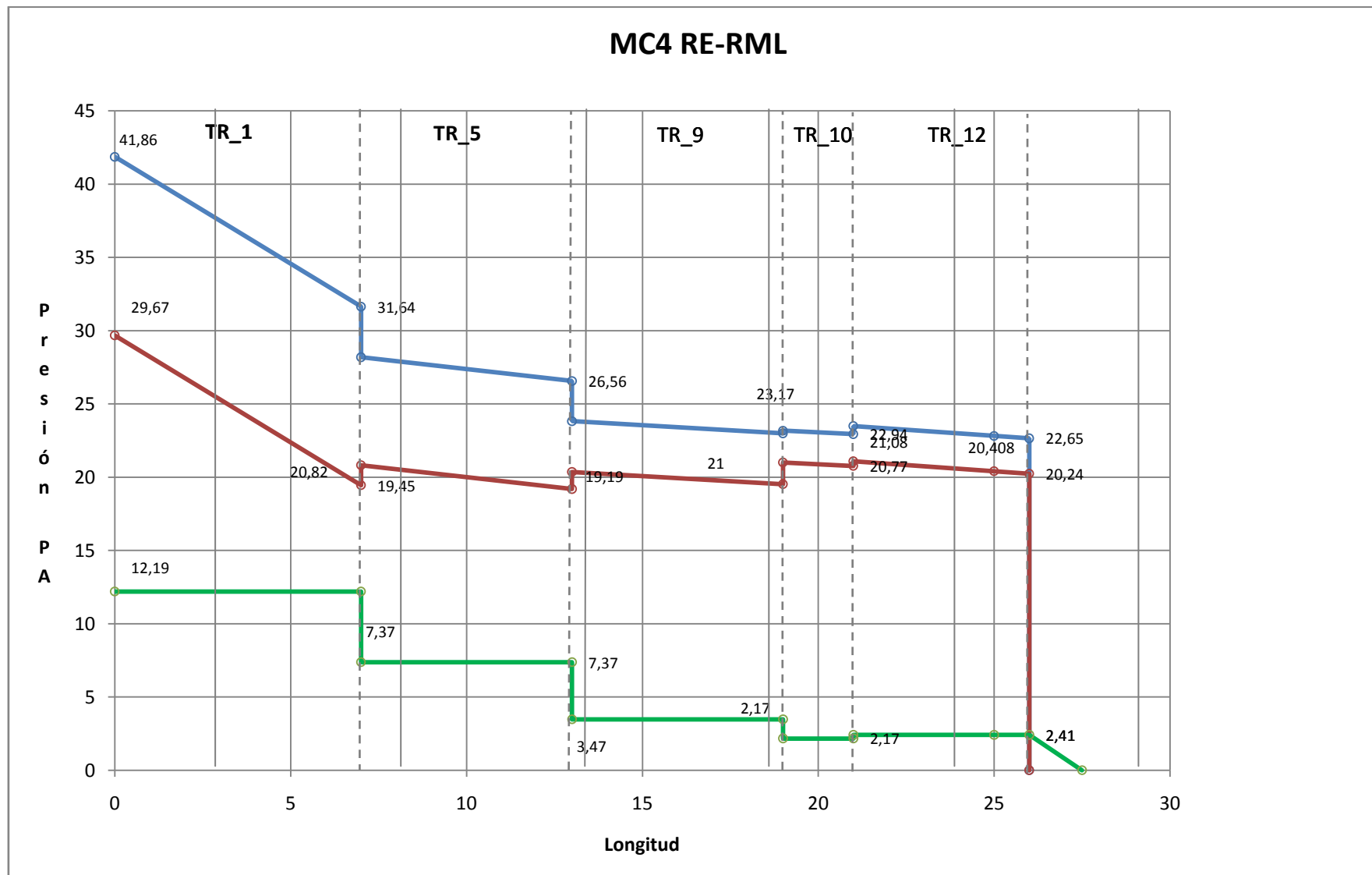


Fig.15. Pérdidas de presión en la rama de mayor longitud. Método PCC

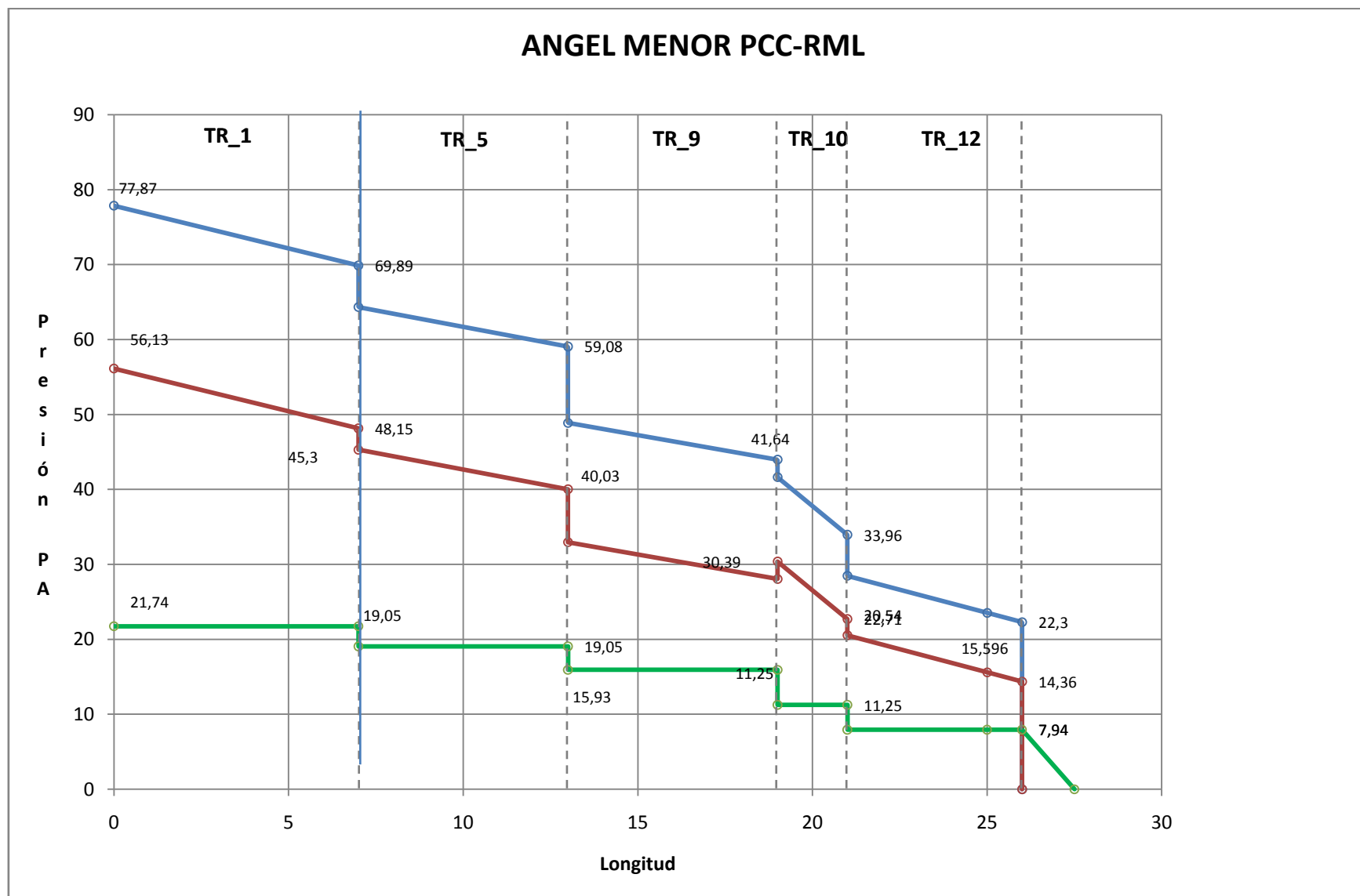


Fig.16. Pérdidas de presión en la rama de mayor longitud. Método RE

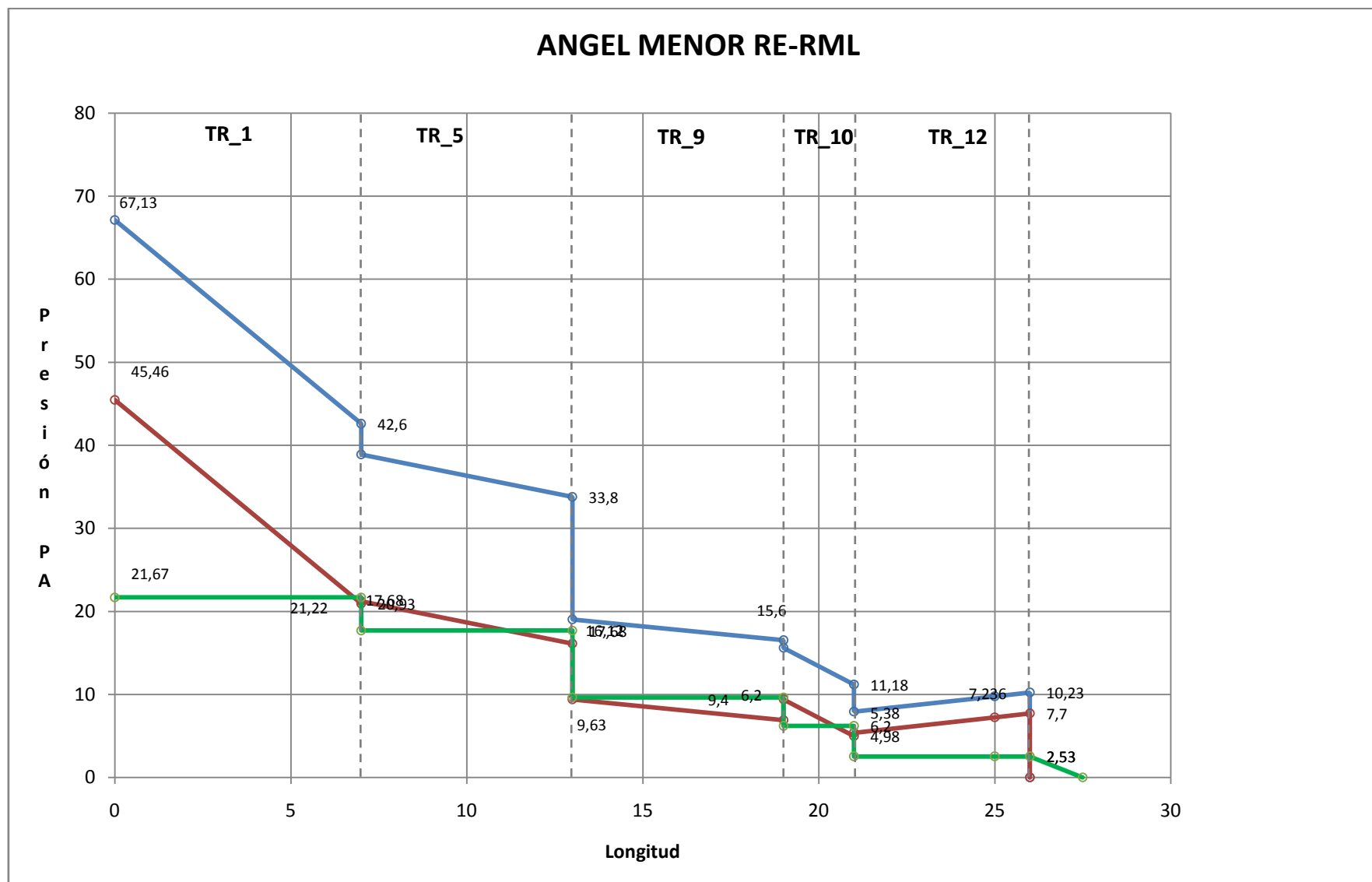


Fig.17. Pérdidas de presión en la rama de mayor pérdida de carga. Método PCC

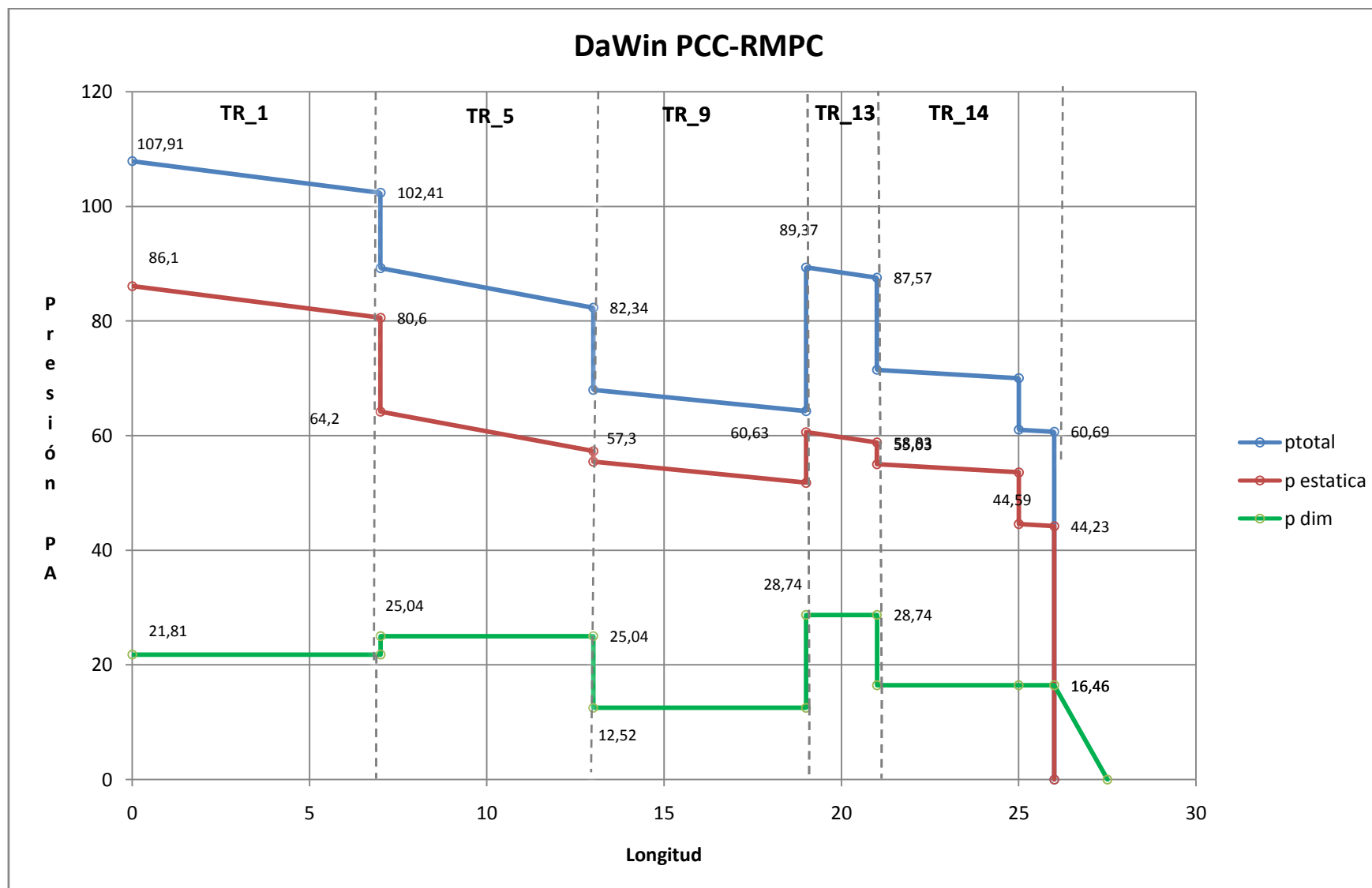


Fig.18. Pérdidas de presión en la rama de mayor pérdida de carga. Método RE

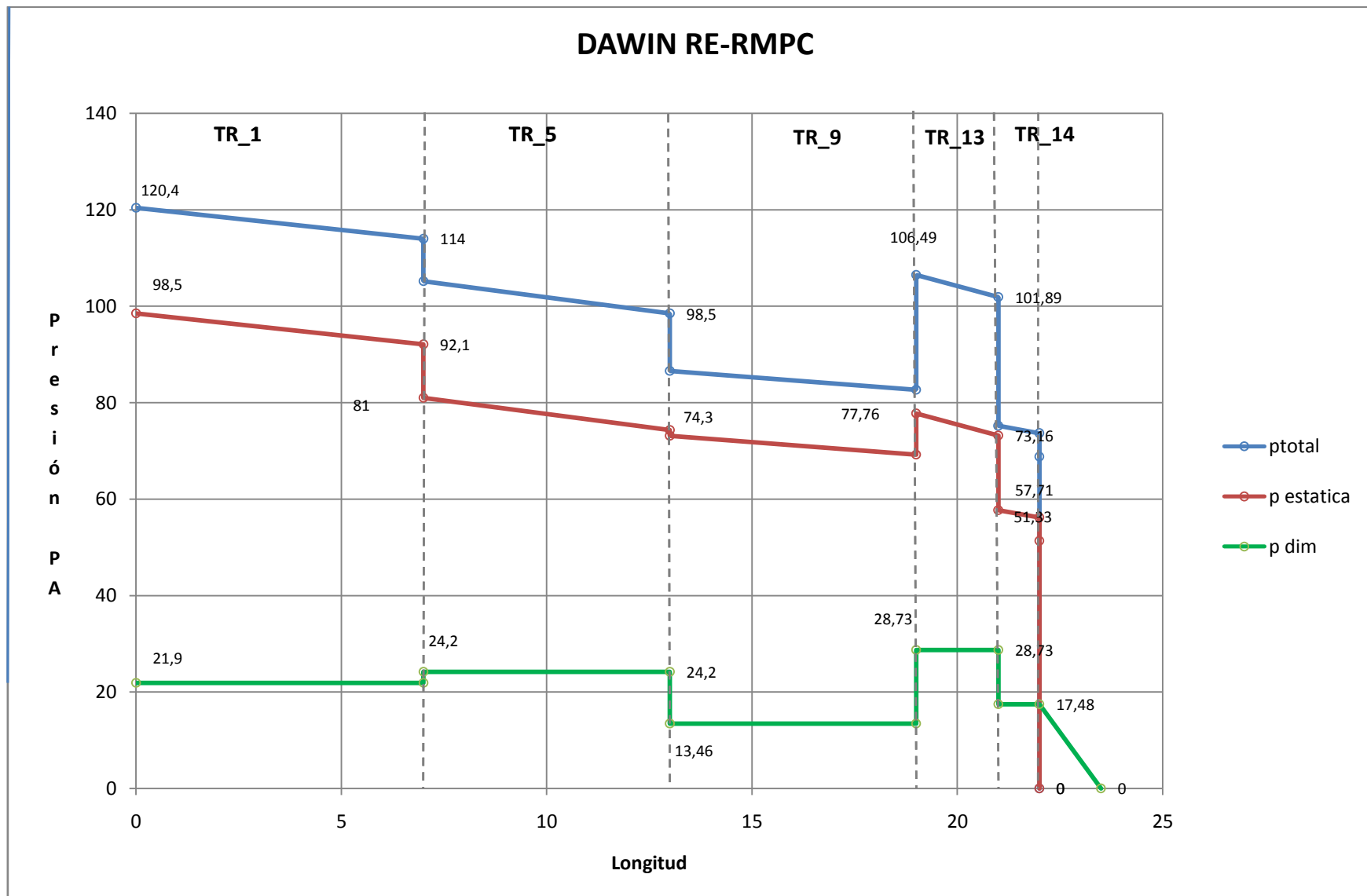


Fig.19. Pérdidas de presión en la rama de mayor pérdida de carga. Método PCC

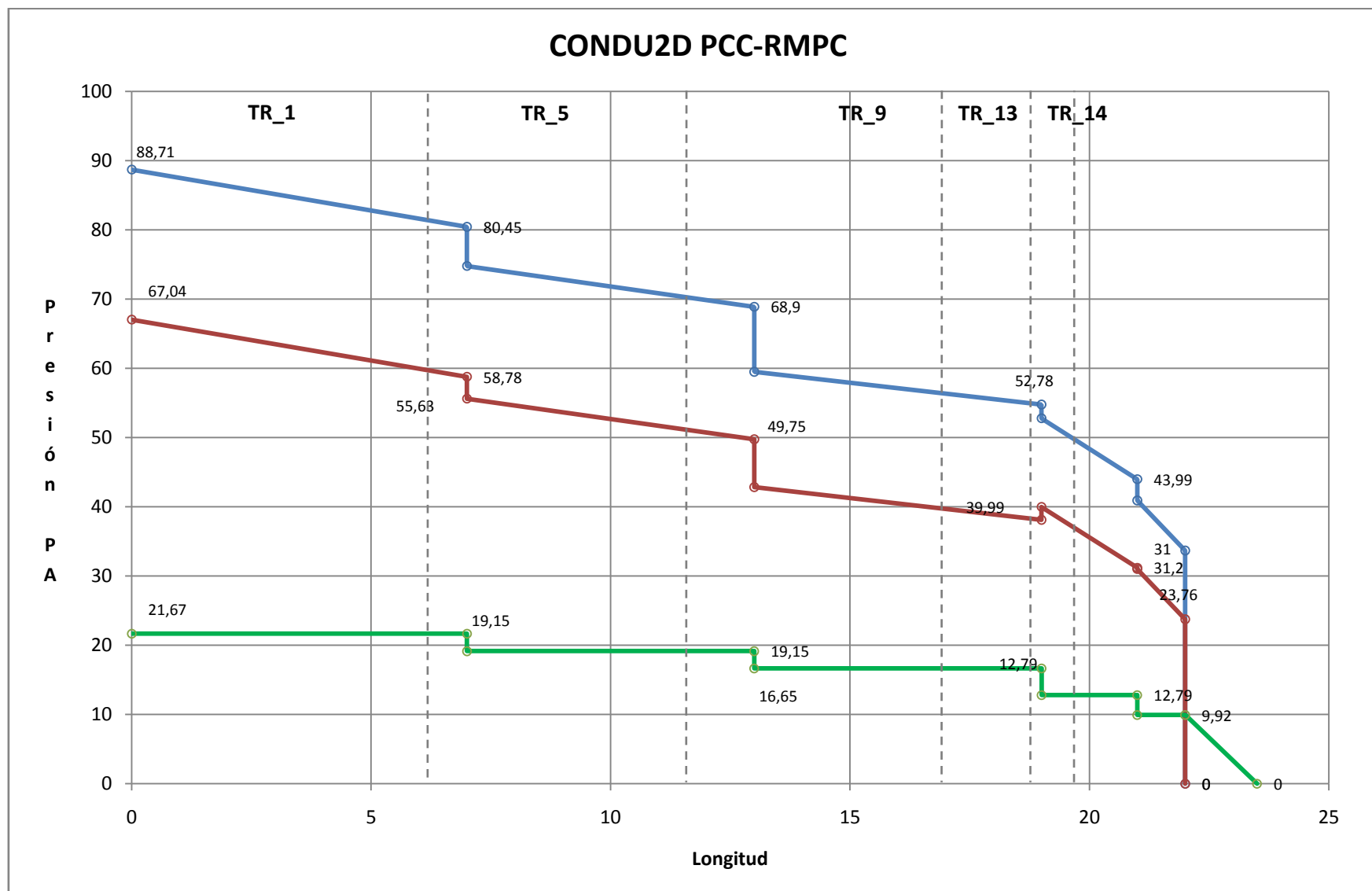


Fig.20. Pérdidas de presión en la rama de mayor pérdida de carga. Método RE

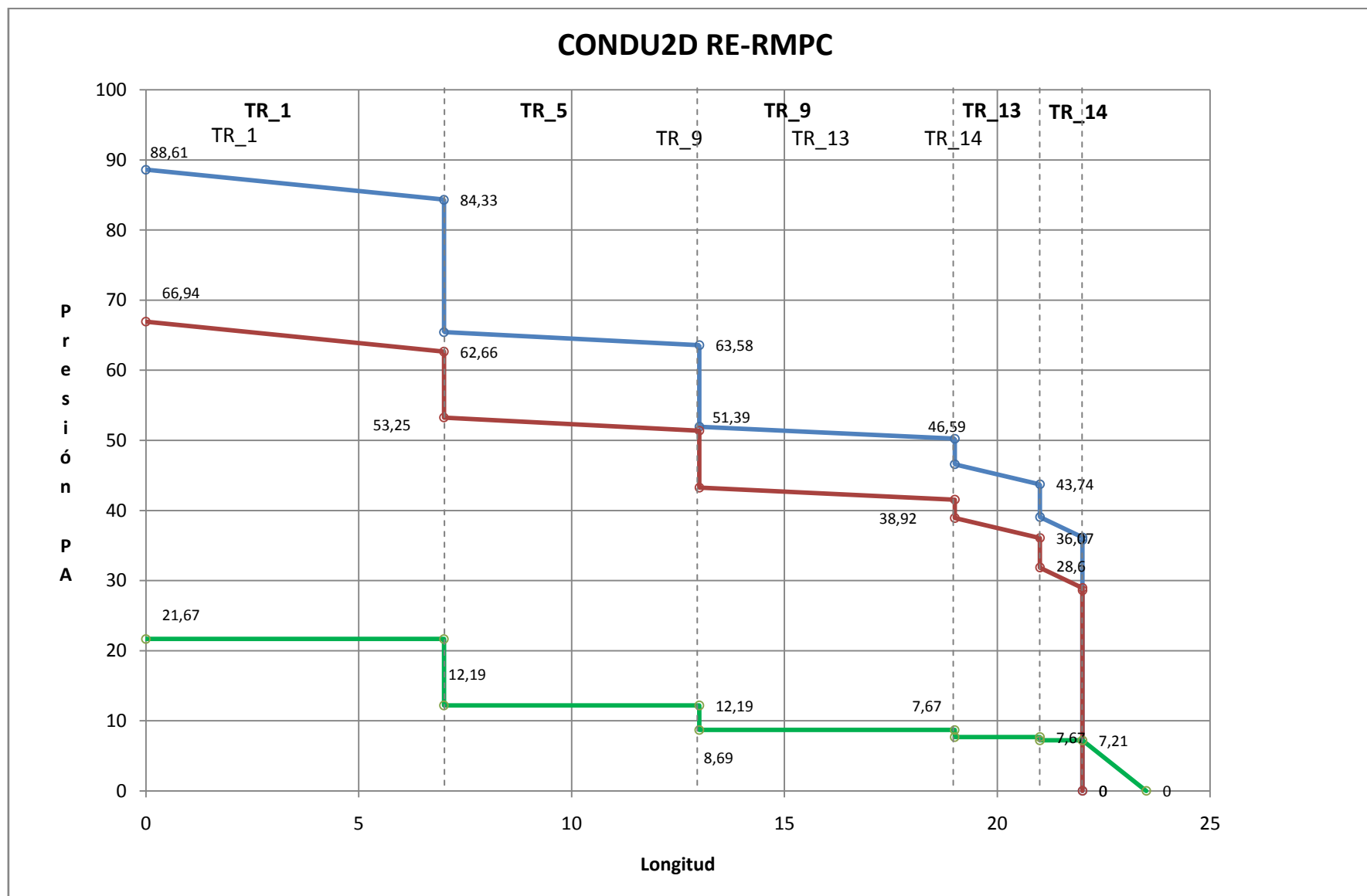


Fig.21. Pérdidas de presión en la rama de mayor pérdida de carga. Método PCC

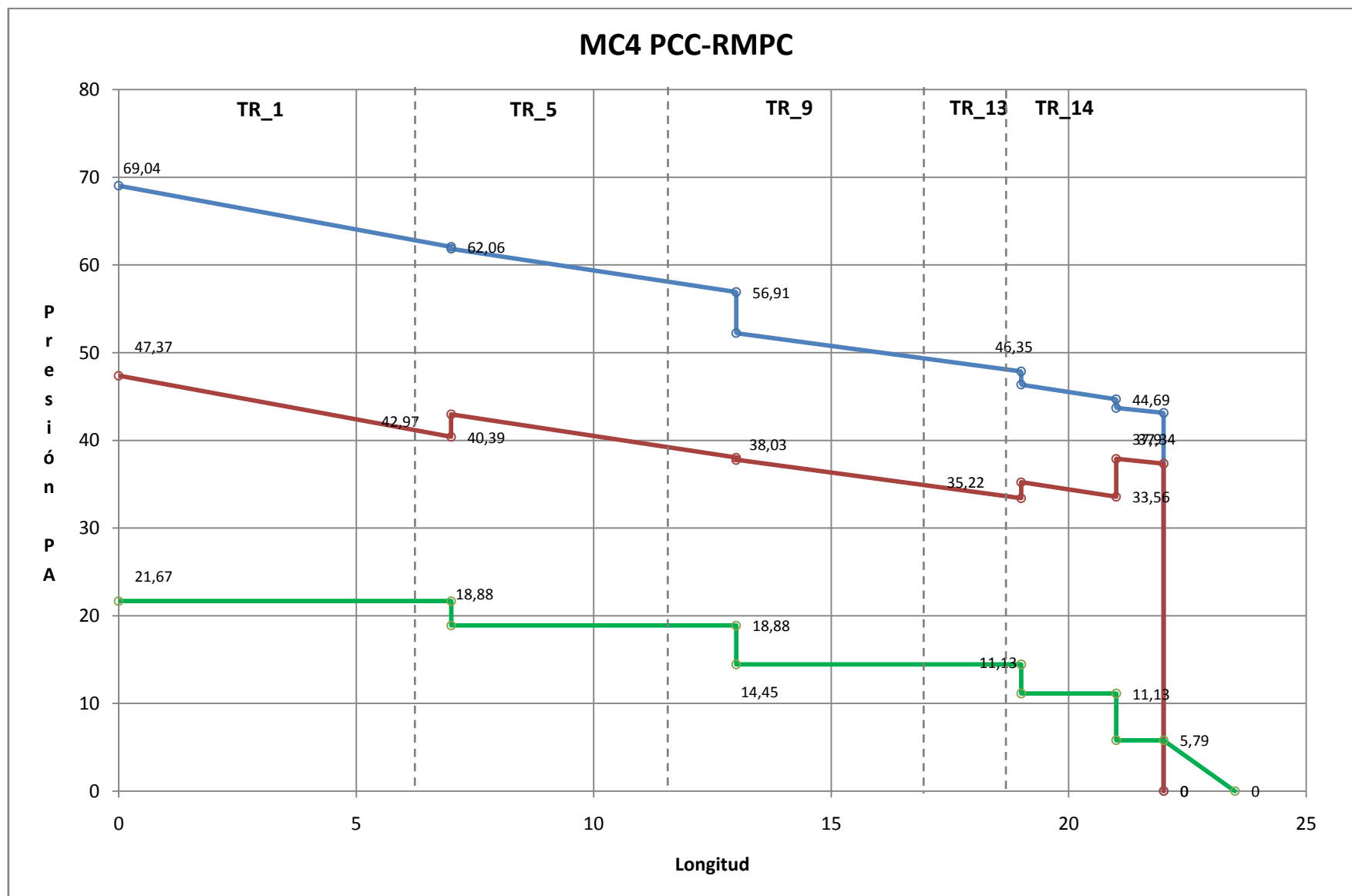


Fig.22. Pérdidas de presión en la rama de mayor pérdida de carga Método RE

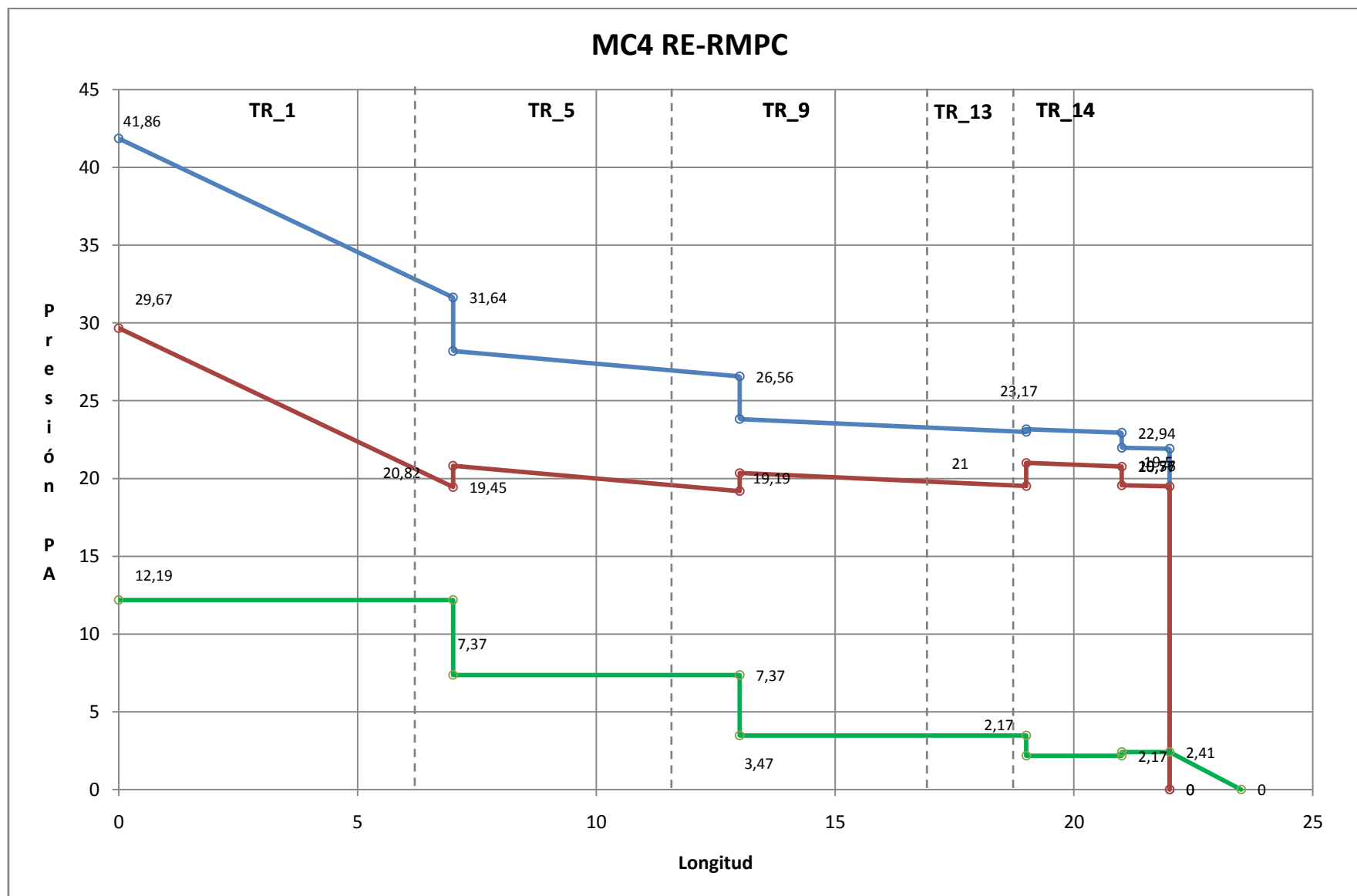


Fig23. Pérdidas de presión en la rama de mayor pérdida de carga. Método PCC

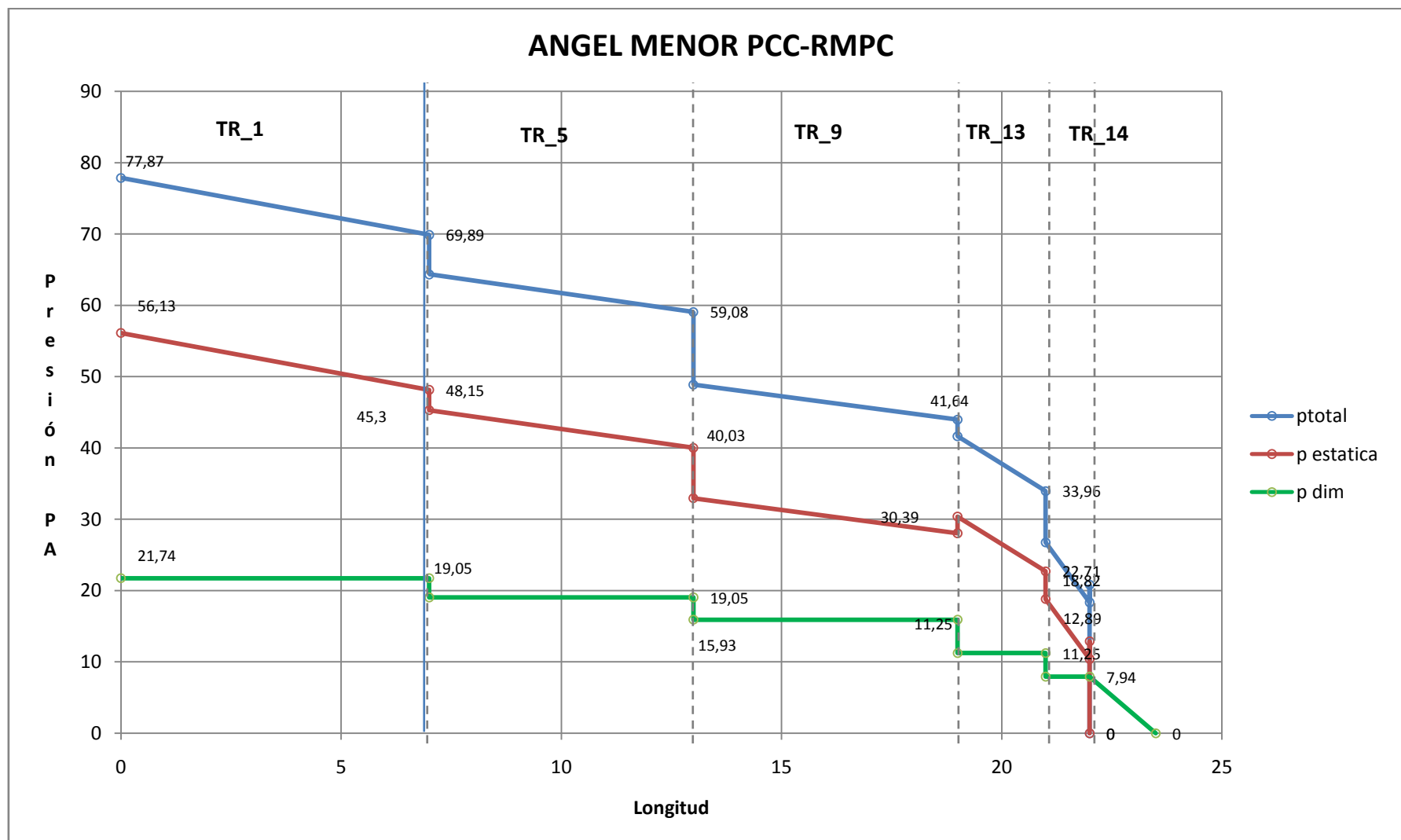
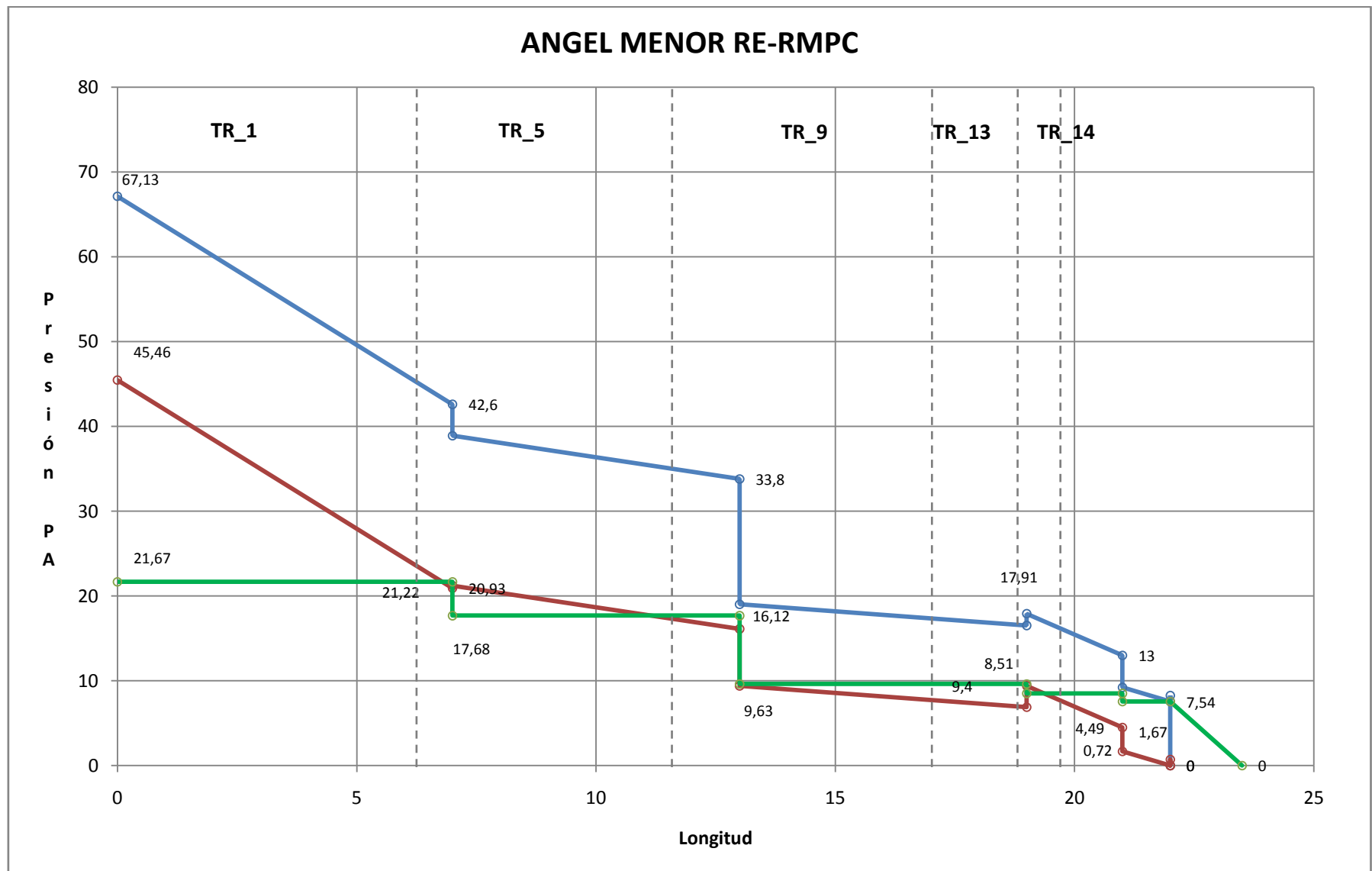


Fig.24. Pérdidas de presión en la rama de mayor pérdida de carga. Método RE



1.3.3. Sensibilidad al programa

En cuanto a la “sensibilidad al programa” entre lo más destacado se encuentra:

En PCC, las pérdidas de carga obtenidas en el programa DAWIN superan con creces las obtenidas por el resto de aplicaciones informáticas. Además, este aspecto se verifica en los dos tipos de pérdidas que estamos considerando, estáticas y dinámicas.

Entre el resto de aplicaciones informáticas no existe una tendencia clara en ninguna de la presiones con tramos donde algunos de los programas sobrepasa con mucho al resto y sin embargo va por debajo en otros.

Para PCC la comparativa de DAWIN con el resto de programas las diferencias son bastante altas sobretudo en las presiones totales y en estática con valores superiores a 50 Pa con CONDU_2D. En cuanto a las presiones dinámicas esta tendencia se suaviza, llegando alguna de las otras aplicaciones a superarlos valores en algunos tramos, como en el caso de ANGEL MENOR en el tramo 10, la mayor diferencia la encontramos entre DAWIN-CONDU_2D y el valor 19,26 Pa corresponde al tramo 9.

En la comparativa CONDU_2D-MC4 en general para las presiones totales y estáticas CONDU_2D va por encima en los tramos de conducción, sin embargo en los tramos de impulsión la situación es menos clara, ya que los valores se igualan o se alternan. Con ANGEL sigue la misma tónica, pero en este caso en los tramos de conducción las presiones van parejas.

En cuanto a las presiones dinámicas los perfiles son diferentes, CONDU_2D está por debajo de los valores en casi todos los tramos de las dos aplicaciones, con diferencias de hasta 10 Pa como con ANGEL MENOR en el tramo 1.

Por último la comparativa ANGEL-MC4, donde encontramos los perfiles tanto en presiones totales como en estática muy dispares y sin una tendencia clara, ya que se cruzan, dado que se superan la una a la otra a lo largo de la instalación, la presión dinámicas son muy similares toda la obra, exceptuando algunos tramos donde los valores de MC4 van por debajo de ANGEL MENOR.

En Re cambian las tendencias, no en el caso de DAWIN que sigue siendo muy superior tanto en presión total como en estática, con valores que llegan a 80 Pa de diferencia con respecto a MC4 o de 89,25 Pa para ANGEL MENOR, en este método es donde aparecen las mayores diferencias, en cambio con CONDU_2D las diferencias se hacen menores. En las presiones dinámicas no son tan altas discrepancias, ya que en algunos casos ANGEL MENOR se iguala a DAWIN, aunque con las otras dos aplicaciones si que existen diferencias que alcanzan los 26,62 Pa en el tramo 10 con MC4.

En este método CONDU_2D está bastante definido por encima de ANGEL y MC4 en las presiones totales y estáticas, en todos los tramos, con diferencias que alcanzan los 40 Pa, en los tramos más desiguales sin embargo la relación en las presiones dinámicas cambia por completo al menos con respecto a ANGEL MENOR, puesto que este último está por encima en todos los tramos a CONDU_2D, MC4 por su parte mantiene un perfil de presiones dinámicas similar al de CONDU_2D y en los últimos tramos por debajo de este. La comparativa MC4-ANGEL MENOR no es muy esclarecedora ya que los valores máximos entre los dos se intercambian con respecto a las presiones totales y estáticas que siguen un comportamiento similar, llegando obtenerse diferencias de 19 Pa en ambos casos.

Para las dinámicas las diferencias aumentan puesto que ANGEL MENOR arroja unos valores muy por encima de los del programa italiano, con una diferencia de 10 Pa de media en toda la instalación.

En las gráficas observaremos como en la transición de un tramo a otro algunos de los programas tienen un salto de presiones muy superior a los otros dos programas como

consecuencia de que al no proporcionar el programa las pérdidas de carga localizadas a lo largo del tramo se optó por representar dicha pérdida de carga total localizada al final del mismo.

Representaremos, en este otro apartado, las gráficas correspondientes de pérdidas de carga para los tramos que constituyen las ramas de mayor pérdida de carga y de mayor longitud.

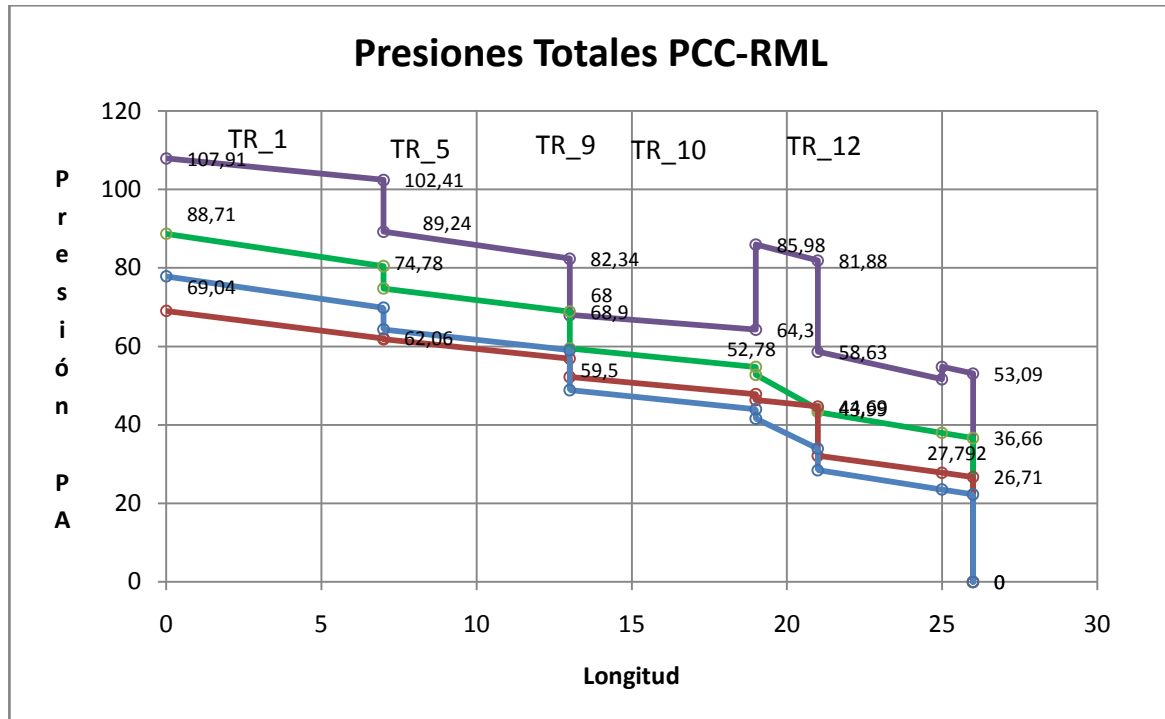


Fig. 25. Comparativa pérdidas de presiones totales. Rama mayor longitud. Método PCC

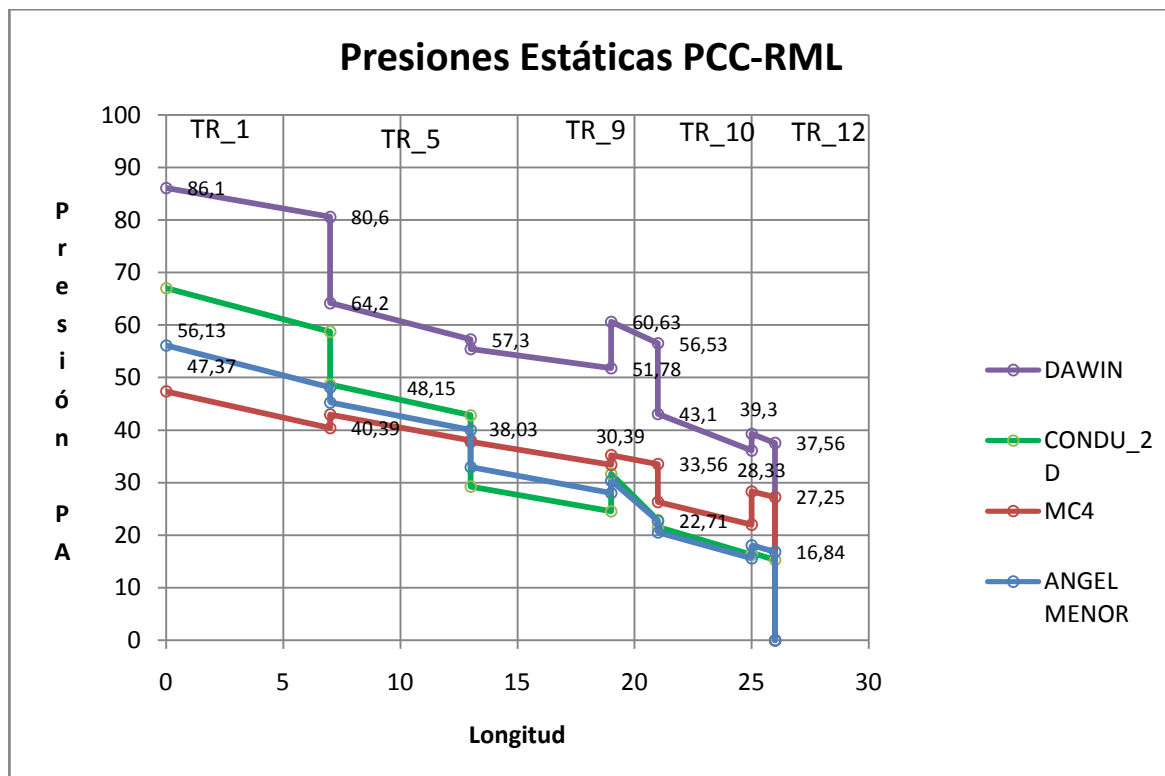


Fig. 26. Comparativa pérdidas de presiones estáticas. Rama mayor longitud. Método PCC

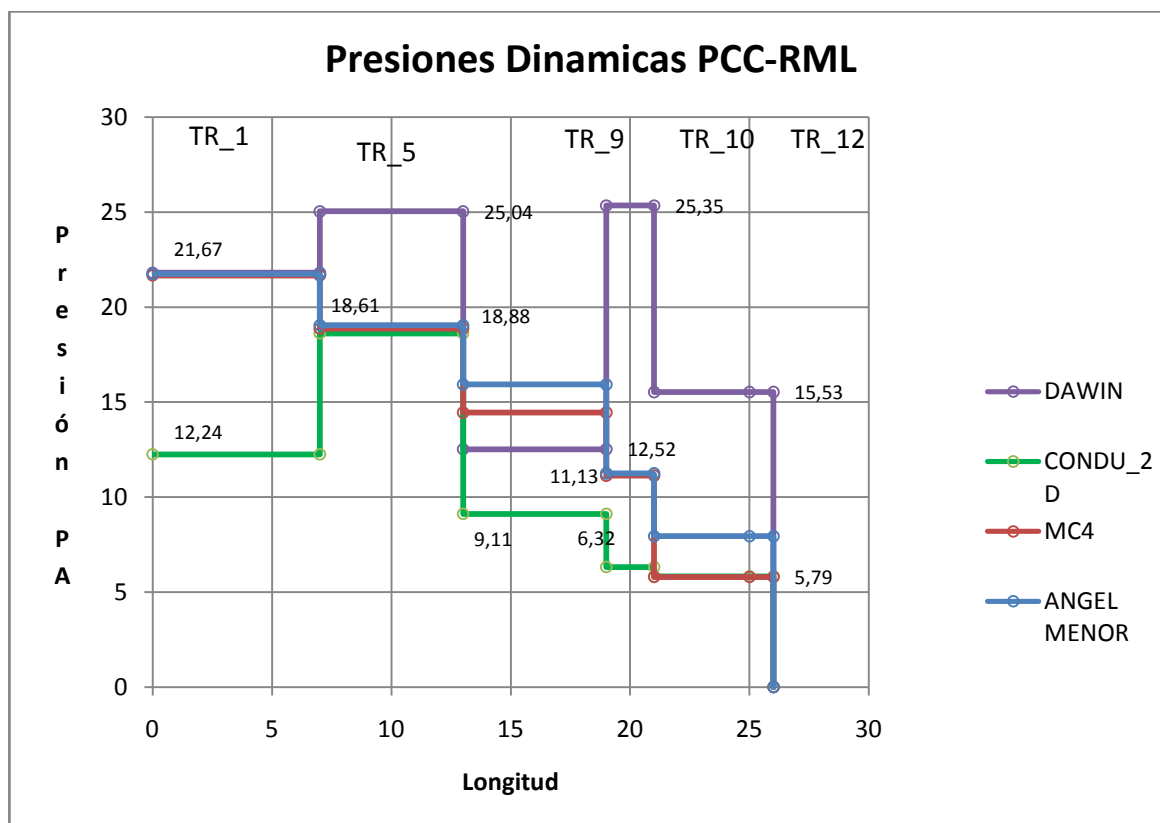


Fig. 27. Comparativa pérdidas de presiones dinámicas. Rama mayor longitud. Método PCC

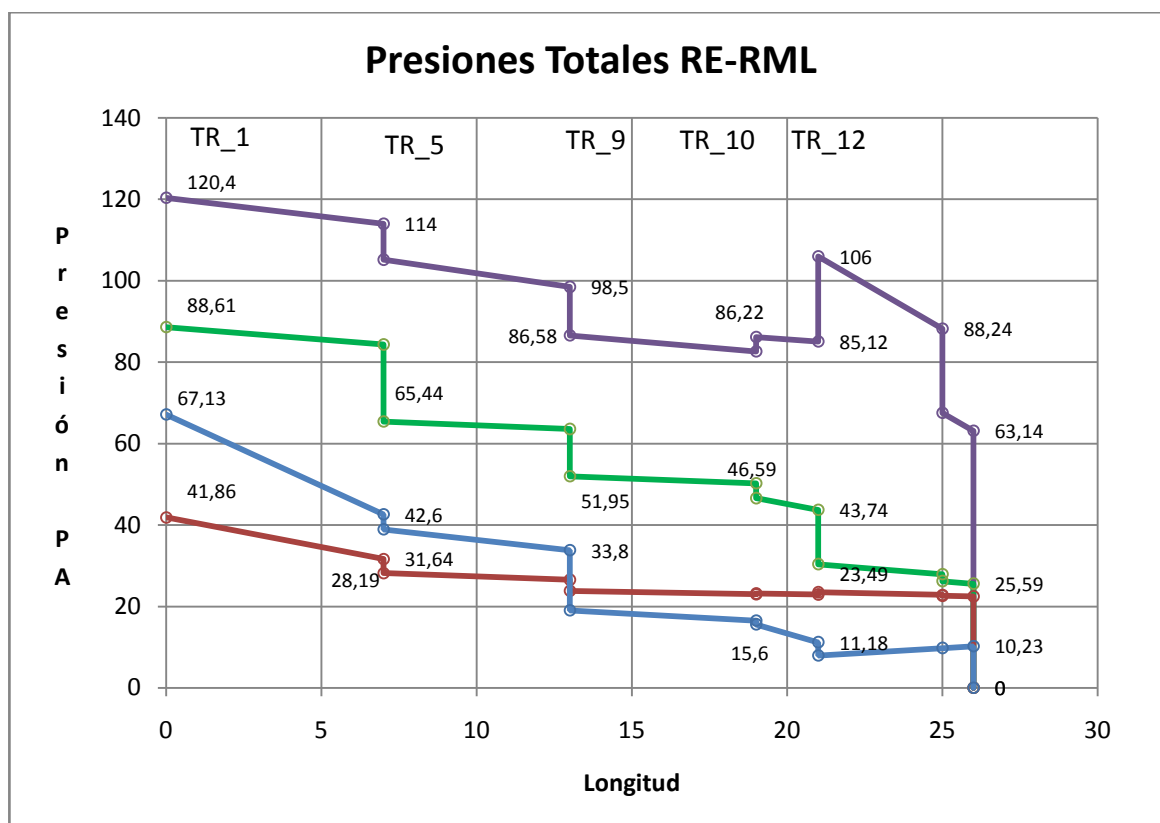


Fig. 28. Comparativa pérdidas de presiones totales. Rama mayor longitud. Método RE

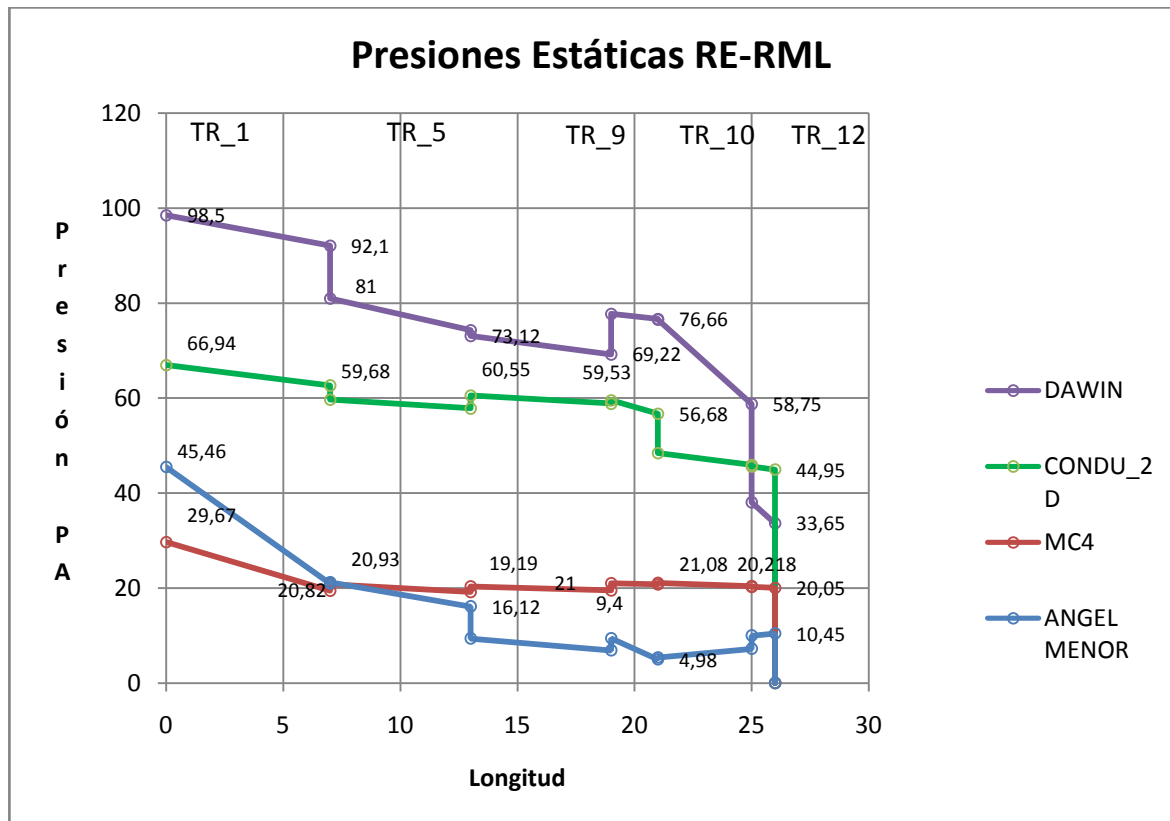


Fig. 29. Comparativa pérdidas de presiones estáticas. Rama mayor longitud. Método RE

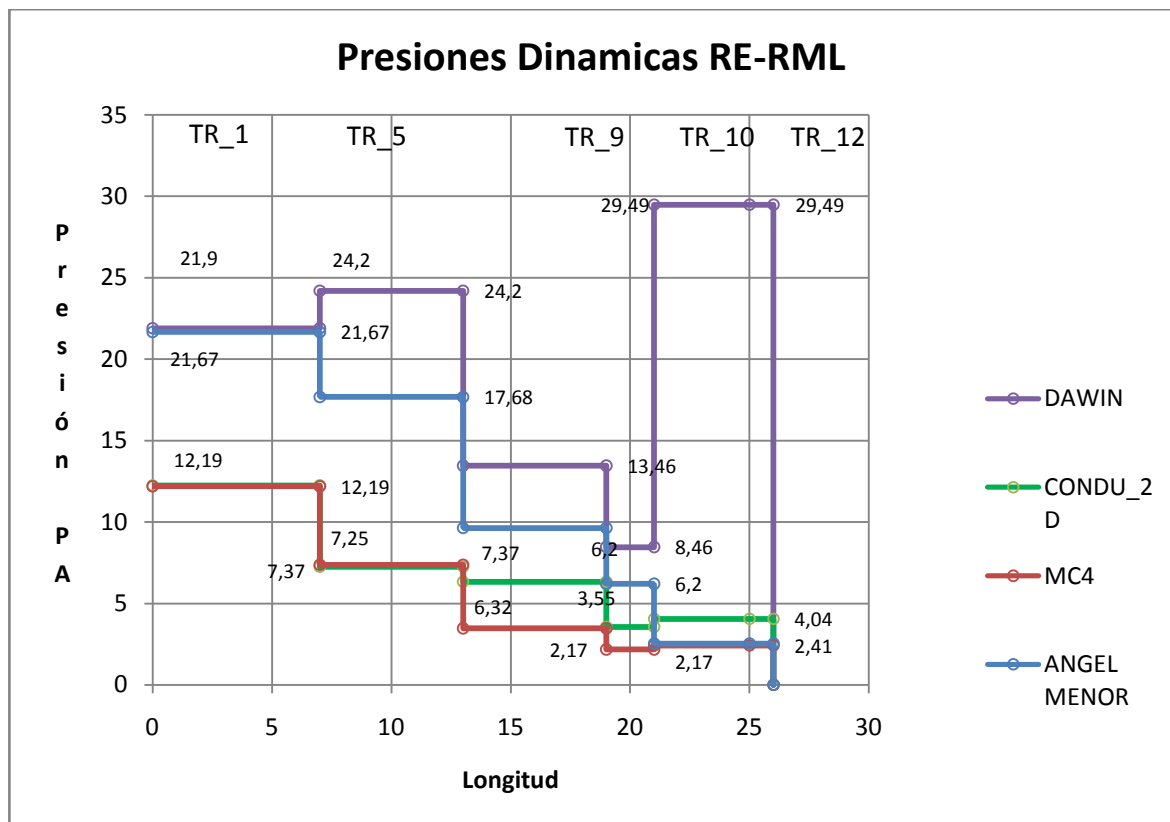


Fig. 30. Comparativa pérdidas de presiones dinámicas. Rama mayor longitud. Método RE

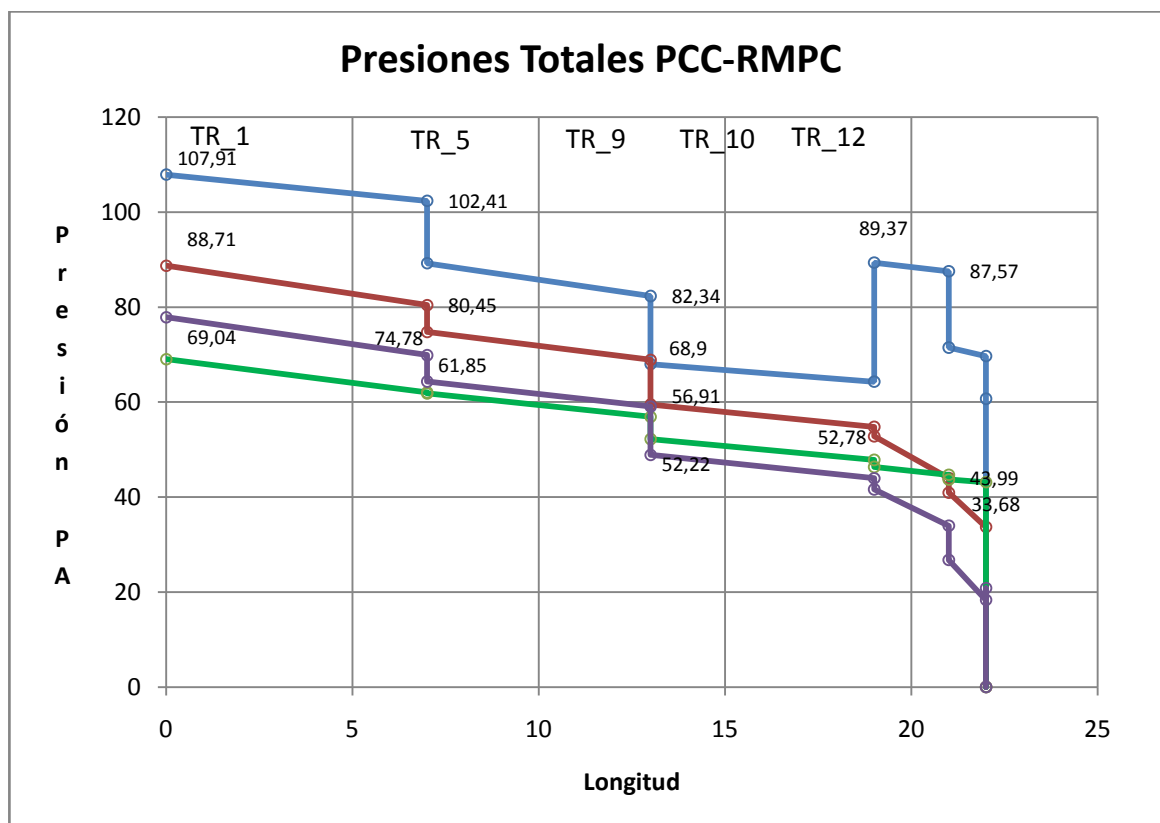


Fig. 31. Comparativa pérdidas de presiones totales. Rama mayor pérdida de carga. Método PCC

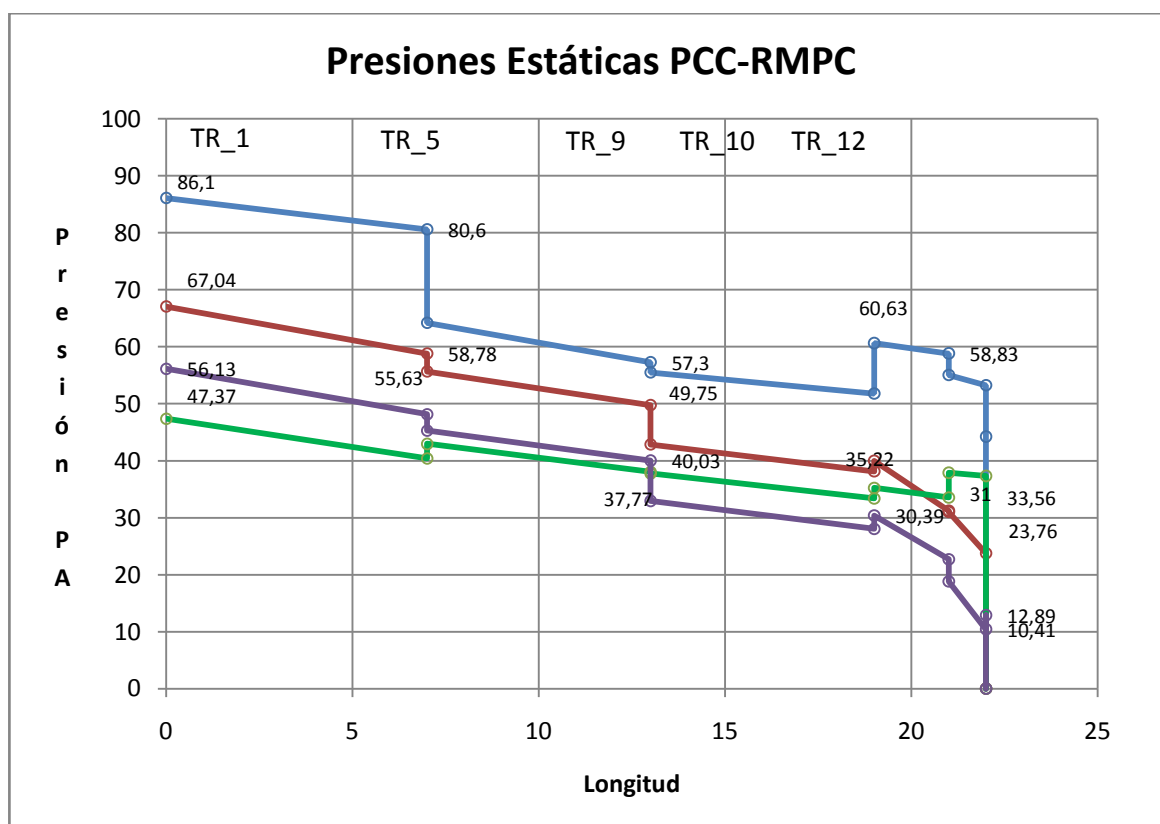


Fig. 32. Comparativa pérdidas de presiones estáticas. Rama mayor pérdida de carga. Método PCC

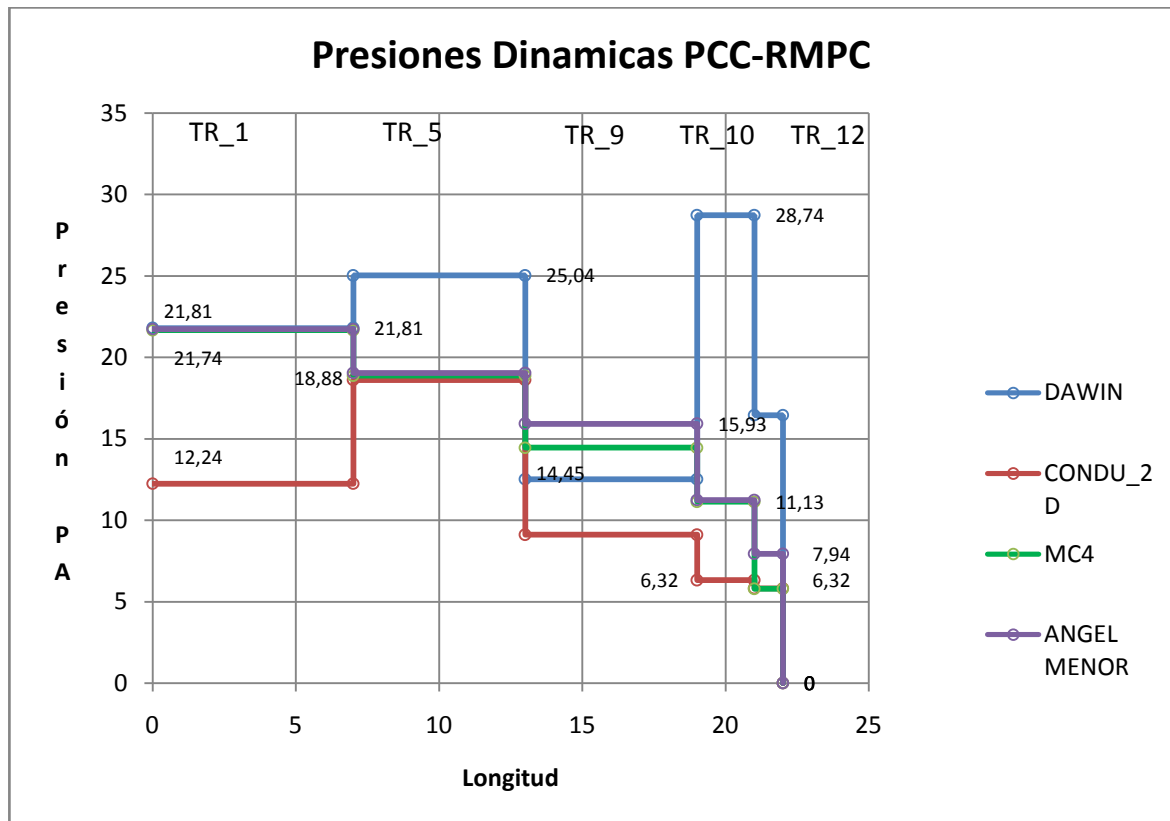


Fig. 32. Comparativa pérdidas de presiones dinámicas. Rama mayor pérdida de carga. Método PCC

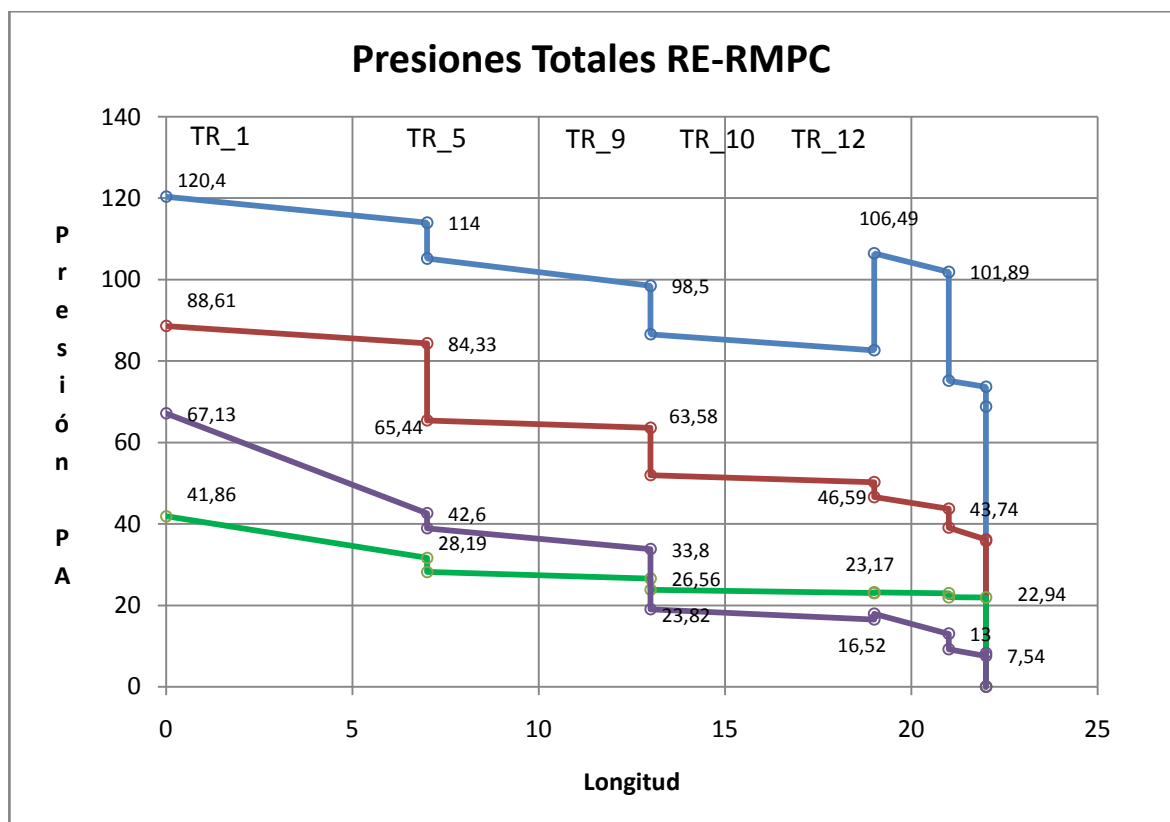


Fig. 33. Comparativa pérdidas de presiones totales. Rama mayor pérdida de carga. Método RE

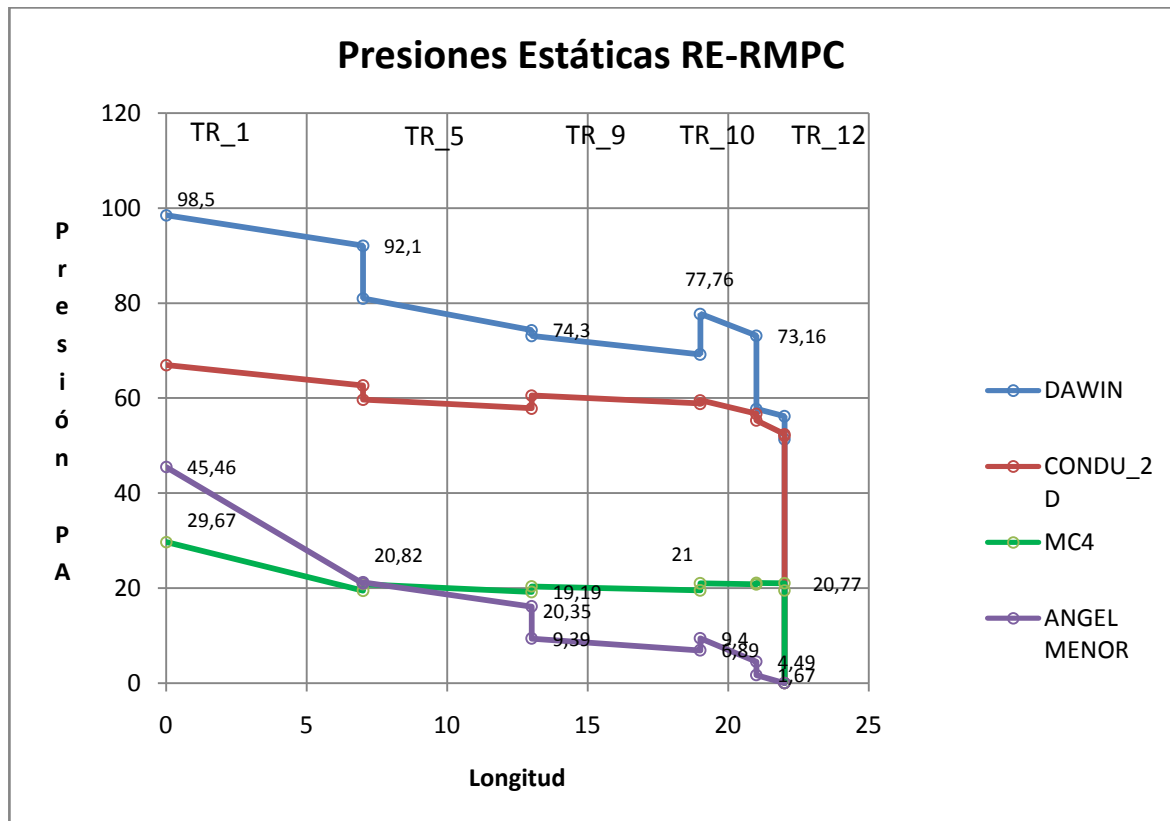


Fig. 34. Comparativa pérdidas de presiones estáticas. Rama mayor pérdida de carga. Método RE

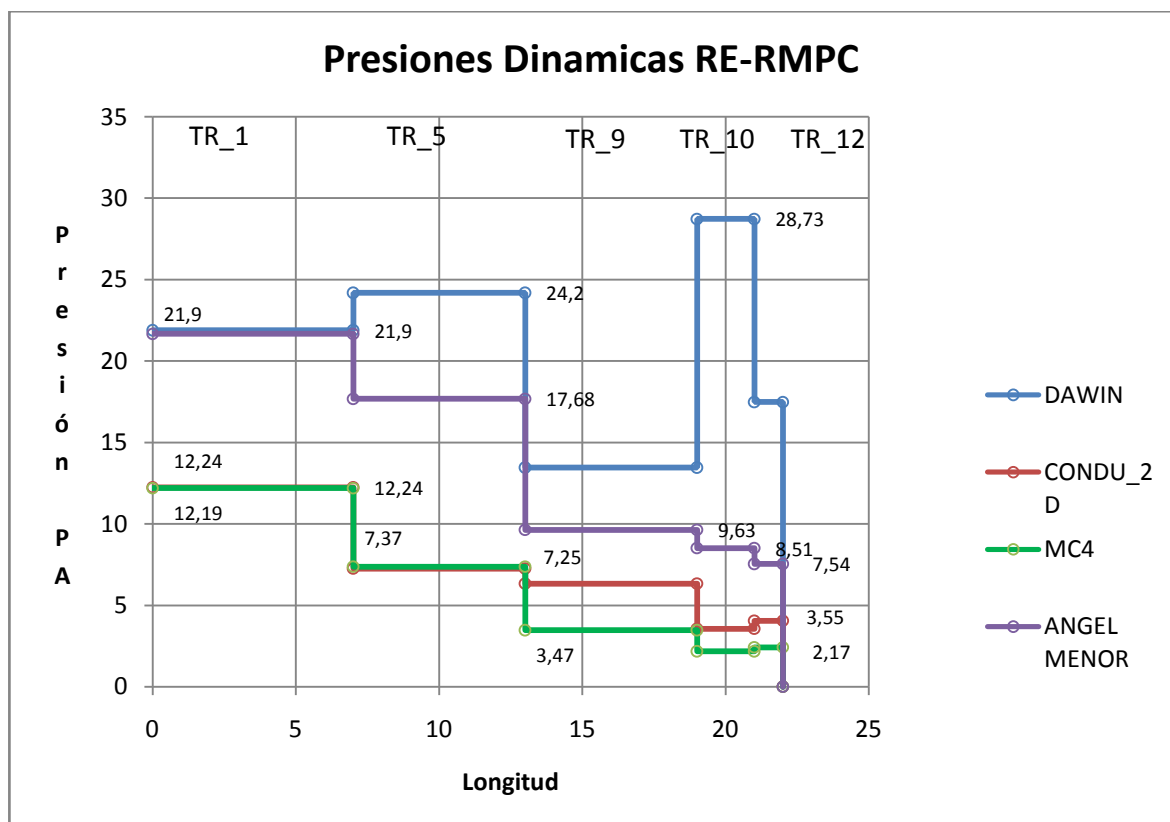


Fig. 32. Comparativa pérdidas de presiones dinámicas. Rama mayor pérdida de carga. Método RE

1.4. Análisis de velocidades en conductos

1.4.1. Resultados obtenidos

La tabla que se muestra a continuación resumen los valores obtenidos en los cuatro programas utilizados, tanto para el método de pérdida de carga constante como para el método de recuperación de la presión estática, en cuanto a las velocidades de circulación del aire en el interior de los conductos.

Posteriormente estudiaremos la influencia que sobre los resultados tienen las metodologías empleadas y los programas informáticos de aplicación.

VELOCIDADES (m/s)									
TR_	Q(m ³ /h)	DAWIN		Condu_2D		MC4		Ángel Menor	
		P.C.Const	Recup. Estática	P.C.Const	Recup. Estática	P.C.Const	Recup. Estática	P.C.Const	Recup. Estática
1	5200	6,02	6,02	6,00	6	6	4.5	6,01	6,00
2	1200	7,10	7,58	4,48	4,73	3.7	2.7	4,16	4,71
3	600	6,36	6,78	3,95	4,61	2,2	2.2	3,49	4,89
4	600	6,27	6,70	3,95	4,26	2,2	2.2	3,49	3,74
5	4000	6,45	6,34	5,64	4,50	5,6	3.5	5,63	5,42
6	1200	5,42	7,26	4,48	4,04	3,7	2.1	4,16	4,38
7	600	4,91	6,49	3,95	3,92	2,2	2.2	3,49	4,68
8	600	6,31	6,41	3,95	3,57	2,2	2.2	3,49	3,60
9	2800	4,56	4,73	5,26	3,80	4,9	2.4	5,14	4,00
10	1400	6,49	3,75	4,61	3,57	4,3	1.9	4,32	3,21
11	700	5,06	3,39	4,06	3,46	2	2	3,63	2,96
12	700	5,08	7,00	4,06	3	2	2	3,63	2,05
13	1400	4,63	6,91	4,61	3,57	4,3	1.9	4,32	3,76
14	700	5,23	5,39	4,06	3,46	2	2	3,63	3,54
15	700	5,17	5,41	4,06	3	2	1.9	3,63	2,44

Tabla 13. Velocidades por programa y método de cálculo

1.4.2. Sensibilidad al método

Mostrados los resultados obtenidos, comentaremos las discrepancias más significativas que encontramos entre los métodos para un mismo programa, “sensibilidad al método” de la instalación:

Para un mismo programa las velocidades de circulación del aire obtenidas mediante el método de PCC son superiores a las calculadas por medio del método de RE. Esta regla la verifican MC4, Condu_2D y Ángel Menor de aplicación prácticamente en la totalidad de los tramos, de nuevo DAWIN rompe la regla y nos da valores superiores para el método de recuperación estática, en la mayoría de los tramos.

En la aplicación de DAWIN las diferencias entre ambos métodos son las más pronunciadas, existiendo un tramo donde se dispara hasta una diferencia superior a los 2.74 m/s, tramo 10. En el resto, dichas diferencias son menores y están comprendidas en la mayoría de casos entre 1 y 2 m/s. Aunque es significativo que las velocidades son superiores por el método RE.

CONDU_2D verifica la tónica general descrita en la totalidad de los tramos, es decir la diferencias están en torno a 1 m/s o por debajo, una diferencia despreciable. Cabe mencionar el caso más significativo el tramo 5 con diferencias de 1,46 m/s (32,2%). Por último puede observarse que el resto de tramos se agrupan en dos bloques, aquellos tramos cuyas diferencias en velocidades están comprendidas alrededor de 1 m/s y por otra parte aquellos otros tramos de diferencias inferiores a 1 m/s.

Para MC4 existen tres tramos 9, 10 y 13 para los que se obtienen velocidades, por entorno a 2,5 m/s superiores por PCC, después encontramos dos 1y 6 tramos con diferencias entrono a 1.5 m/s, los tramos 2 y 5 entorno a 1 m/s .Es el único caso en que muchos de los tramos tienen la misma velocidad, es significativo que estos tramos sean los tramo terminales donde se sitúan los difusores.

Ángel Menor se caracteriza este método, visto de forma general, por ser el que menos diferencias tiene entre los tramos ya que el caso más desfavorable se encuentra en el tramo 3 cuya diferencia asciende a 1.4 m/s (40.1%), hay que señalar que en este tramo es el método de RE el de mayor velocidad, con otros seis tramos más 2, 3, 4, 6, 7 y 8 .La diferencia entre el resto de los tramo es inferior a 1,2 m/s y en la mayoría de los casos es poco significativa.

Terminaremos este apartado realizando una valoración de los resultados presentados en las tablas anteriores por medio de un análisis gráfico, pero centrándonos en una comparativa de los métodos utilizados en los tres programas informáticos de aplicación. Para ello representaremos sus perfiles de velocidad en las ramas de mayor pérdida de carga y de mayor longitud.

RAMA DE MAYOR PERDIDA DE CARGA

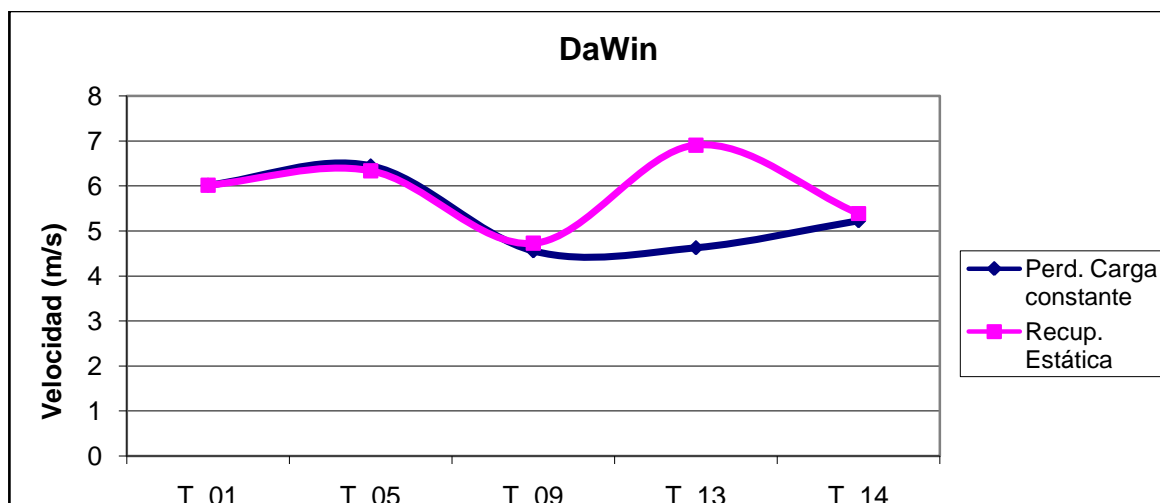


Fig.33. Comparativa de velocidades entre métodos. Rama de mayor pérdida de carga

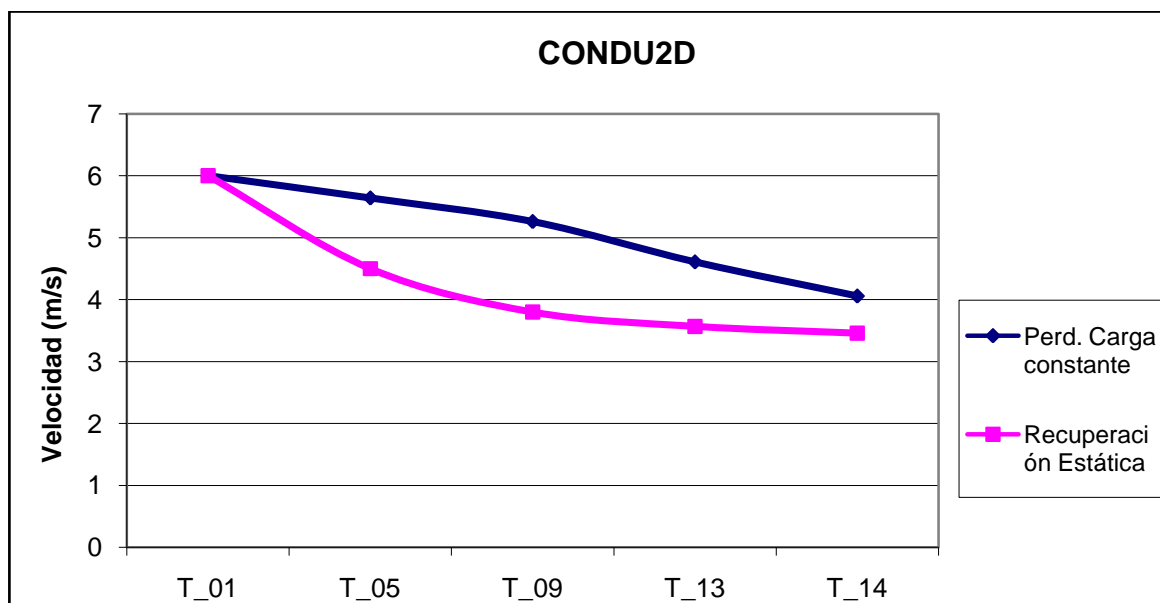


Fig.34. Comparativa de velocidades entre métodos. Rama de mayor pérdida de carga

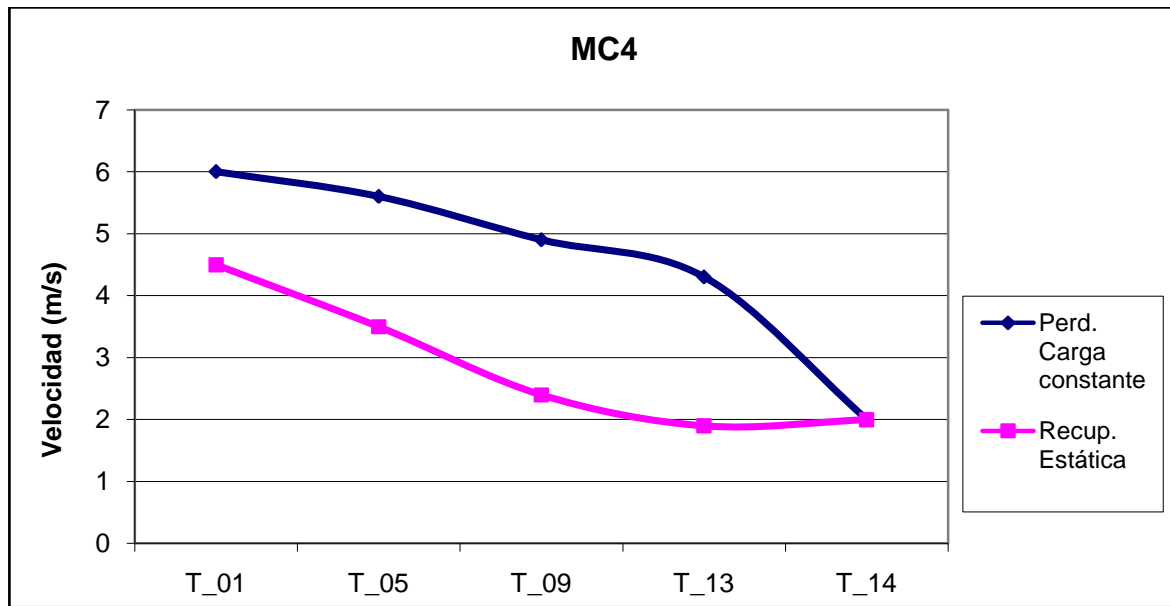


Fig.35. Comparativa de velocidades entre métodos. Rama de mayor pérdida de carga

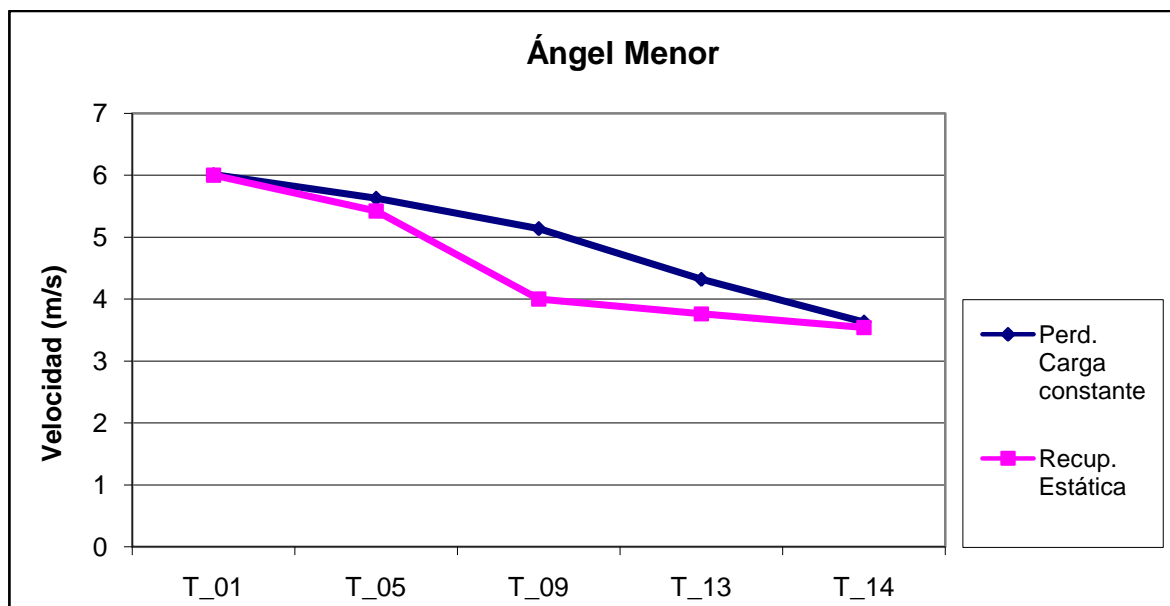


Fig.36. Comparativa de velocidades entre métodos. Rama de mayor pérdida de carga

RAMA DE MAYOR LONGITUD

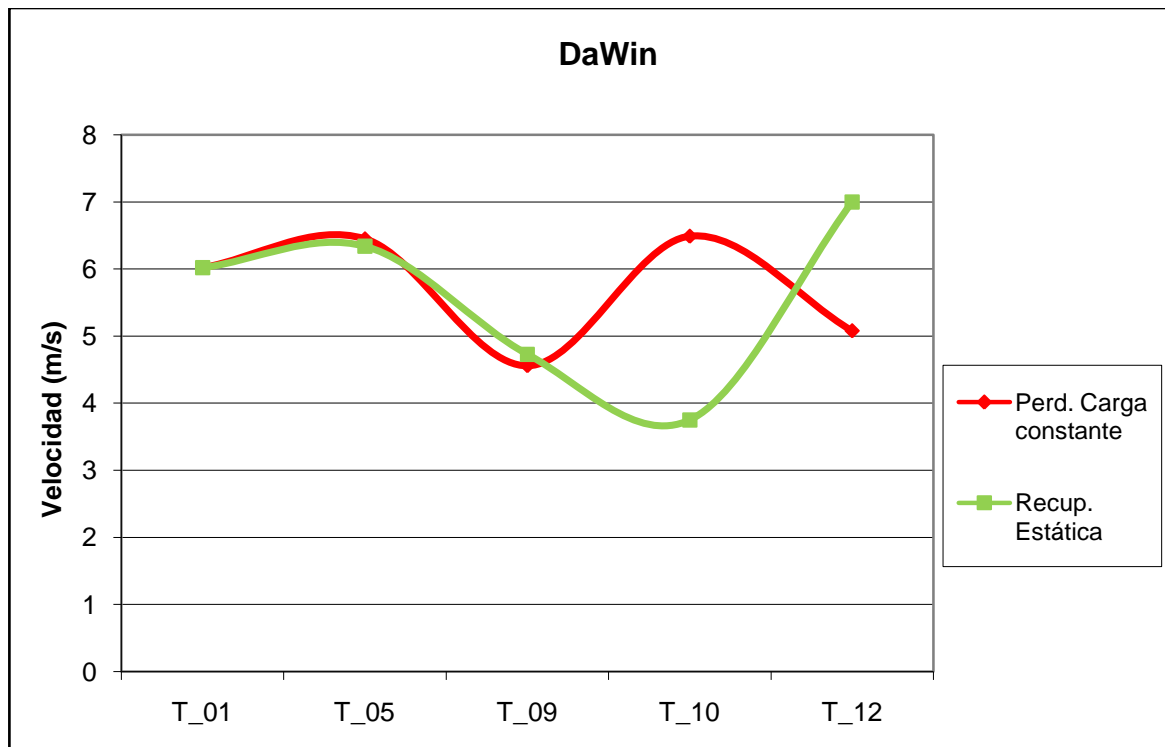


Fig.37. Comparativa de velocidades entre métodos. Rama de mayor longitud

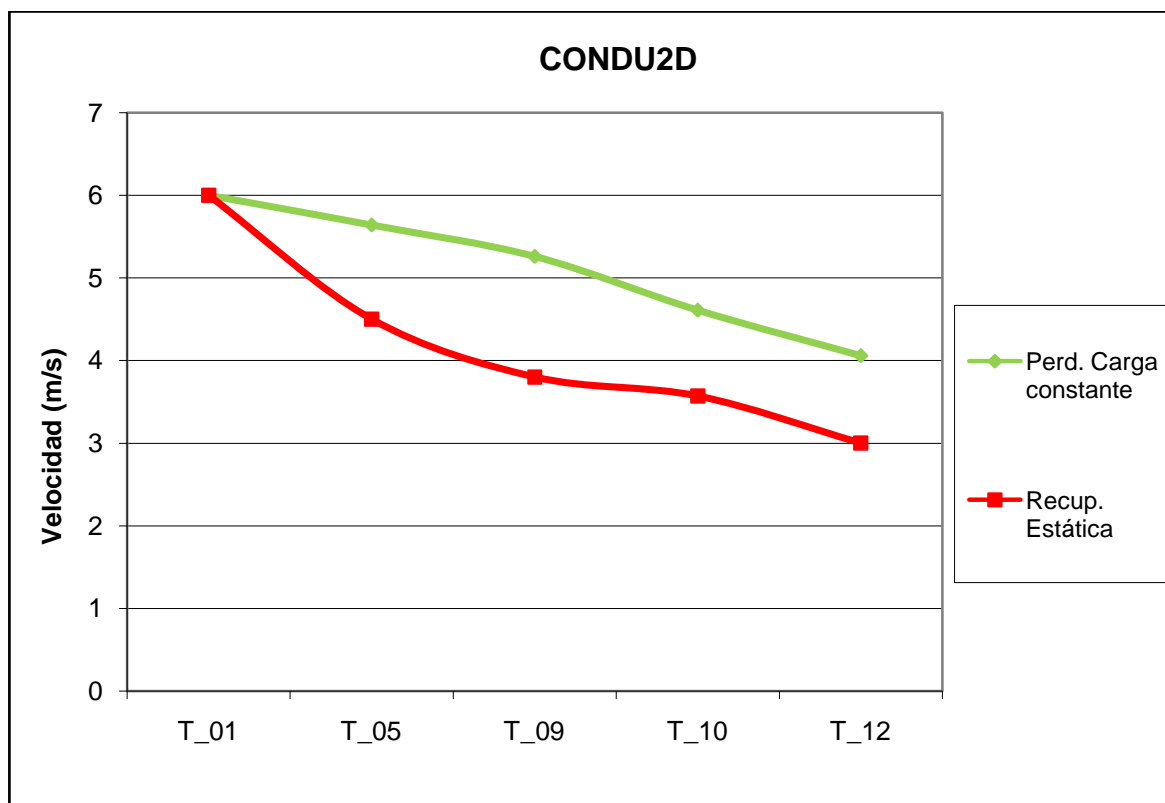


Fig.38. Comparativa de velocidades entre métodos. Rama de mayor longitud

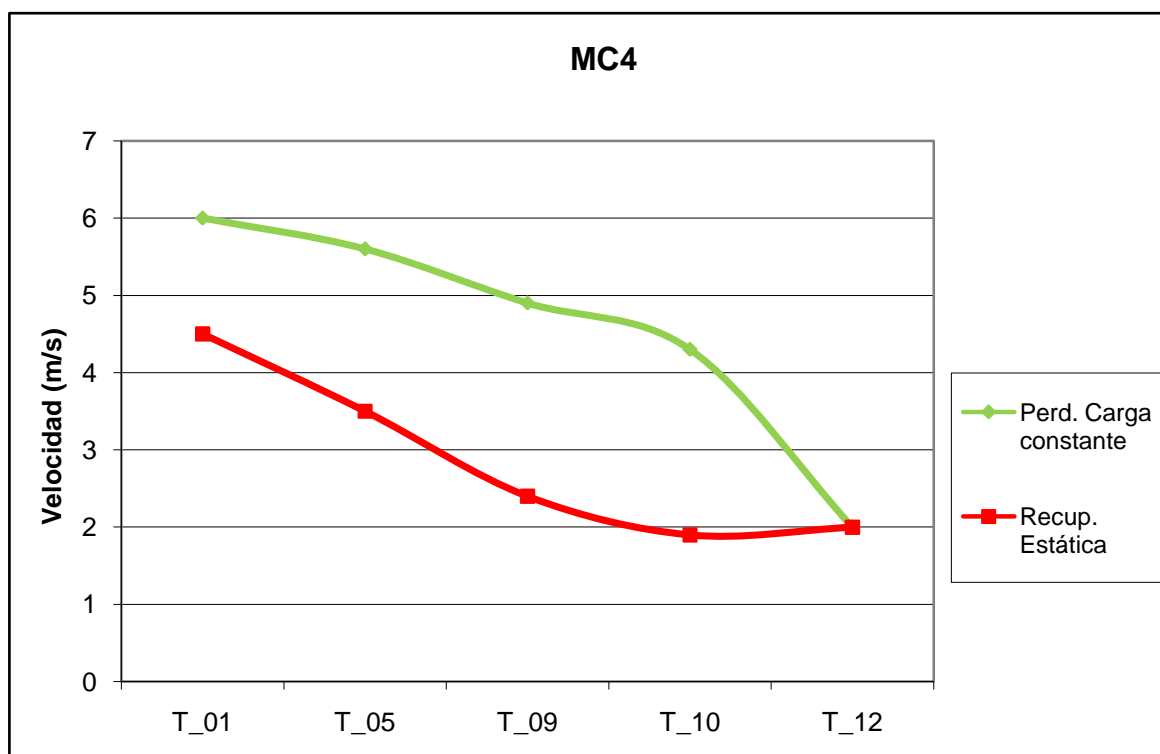


Fig.39. Comparativa de velocidades entre métodos. Rama de mayor longitud

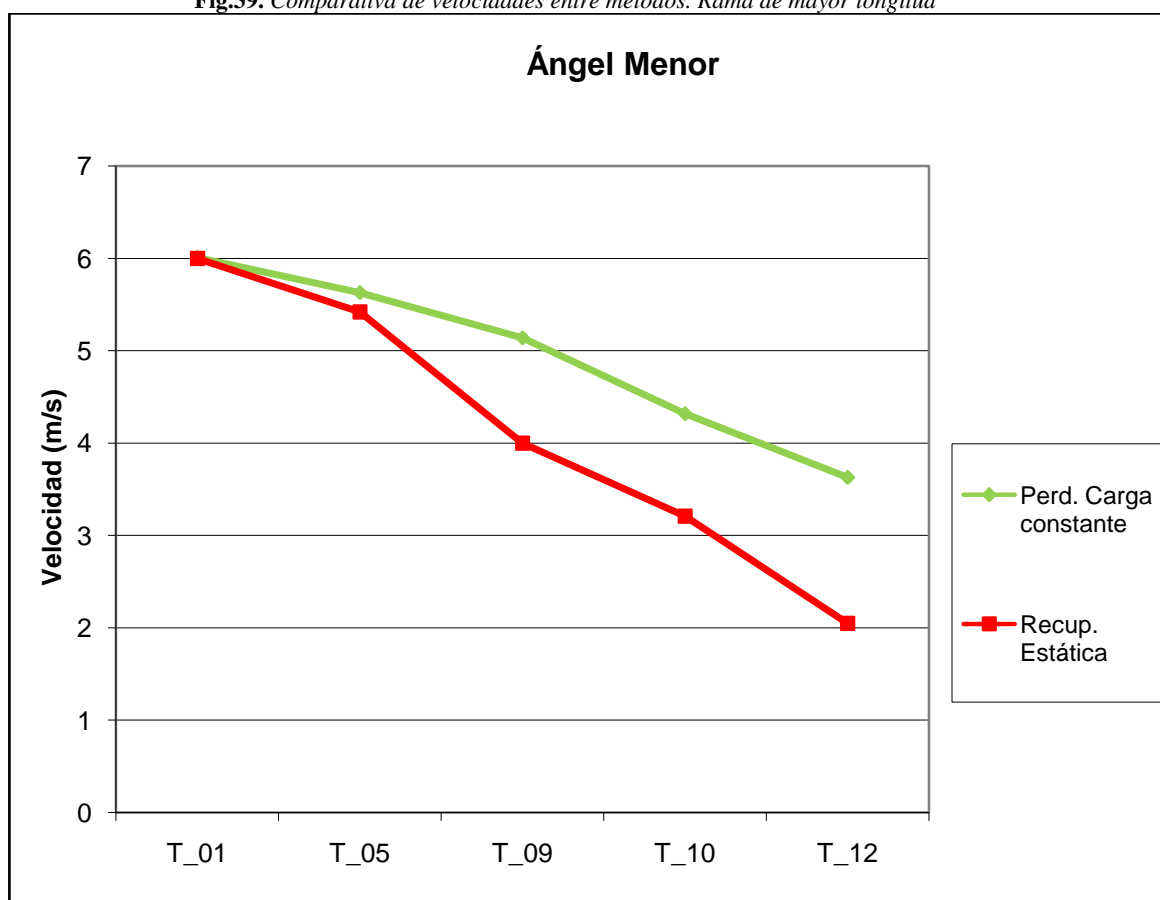


Fig.40. Comparativa de velocidades entre métodos. Rama de mayor longitud

1.4.3. Sensibilidad al programa

Evaluando y analizando los tres programas para un mismo método de cálculo, es decir, estudiando la “sensibilidad al programa” de la instalación tenemos lo siguiente:

- En el método de PCC, Ángel Menor y Condu_2d tienen unos perfiles de velocidades bastante similares. En el caso de Mc4 en la mayoría de los tramos el perfil coincide con los programa antes mencionados, sin embargo al llegar al terminal del tramo se observa en ambas graficas del método como sufre una caída notable de hasta 2 m/. Con DAWIN se obtienen los mayores perfiles de velocidades en los tramos de impulsión, además podemos observar como la curva de velocidades de esta aplicación es bastante sinuosa, con picos en los tramos 5 y 10. DAWIN con el resto de programa tiene diferencias notables de hasta 2 m/s.

- Entre DAWIN y Condu_2d existe un perfil de velocidades muy irregular aunque son los dos programa con mayores velocidades, sin embargo dada la curva de DAWIN, existen tramos en los que está por debajo de la curva de Condu_2d, dichas diferencias están en torno a 1 m/s. Dicho comportamiento se repite en la relación DAWIN-Ángel Menor

Entre DAWIN y Mc4 el comportamiento es similar a la comparativa anterior aunque, la diferencias mayores las encontramos entre estas dos aplicación alcanzándose en el último tramo una diferencia de 3 m/s, la mayor entre programa de toda la comparativa.

En los tramos de conducción las diferencias se reducen notablemente considerándose en el salvo en el caso de DAWIN, donde sobra todo en el tramo 10 vemos un aumento brusco de la velocidad lo que nos induce a que hay una disminución de sección importante mientras que en el tramo final, la sección aumenta debido a que el programa equilibra las presiones en los tramo finales, mientras que el resto, especialmente Ángel Menor y Condu_2D equilibran con accesorios en las bocas.

- En RE, el programa DAWIN sigue obteniendo las mayores velocidades en los tramos.

El comportamiento de esta aplicación sigue siendo, como en las secciones y en las perdida de carga, muy diferente al resto de aplicación y incluso contradictorio, ya que vemos como aumenta la velocidad en el último tramo, mientras que el resto de aplicaciones, va disminuyendo por la ganancia de presión. En los otros tres casos existe una diferencia numérica más o menos importante, pero siguen un patrón similar entre ellos que en el caso de DAWIN no coincide.

Las mayores diferencias de DAWIN con el resto de programas las encontramos con MC4, donde en toda la instalación las diferencias rondan los 3 m/s, alcanzando diferencias de hasta 5m/s (250%), y las encontramos como en el caso del método PCC en el último tramo, que contiene la boca. Con Condu_2d y Ángel Menor el margen es menor ya que la media es de 1 m/s, en la mayoría de la conducción, pero encontramos la misma diferencia en el tramo final de 4 m/s con Condu_2d y de 5 m/s con Ángel Menor.

CONDU_2D y ANGEL MENOR son los que tiene menores diferencias entre ellos ya que no superan 1 m/s en los tramos con mayores diferencias, sin embargo se puede observar como los perfiles nos muestran comportamientos muy distintos ya que en el caso de la rama de mayor longitud las curvas se cruza formando un “8”.

CONDU_2D y MC4 son los que tienen un perfil de velocidades más semejantes, en oposición las diferencias en todos los tramos no son inferiores a 1,5 m/s, aunque se mantiene en este valor.

MC4 y ANGEL MENOR tienen un perfil semejante, aunque las diferencias son de media entorno a 1,5 m/s, hay que destacar que en la boca de la rama de mayor longitud Ángel Menor desciende hasta coincidir con la velocidad en ese punto de MC4.

Ahora presentamos las graficas comparativas entre métodos tanto de la rama de mayor longitud como de la rama con mayor pérdida de carga.

RAMA DE MAYOR LONGITUD

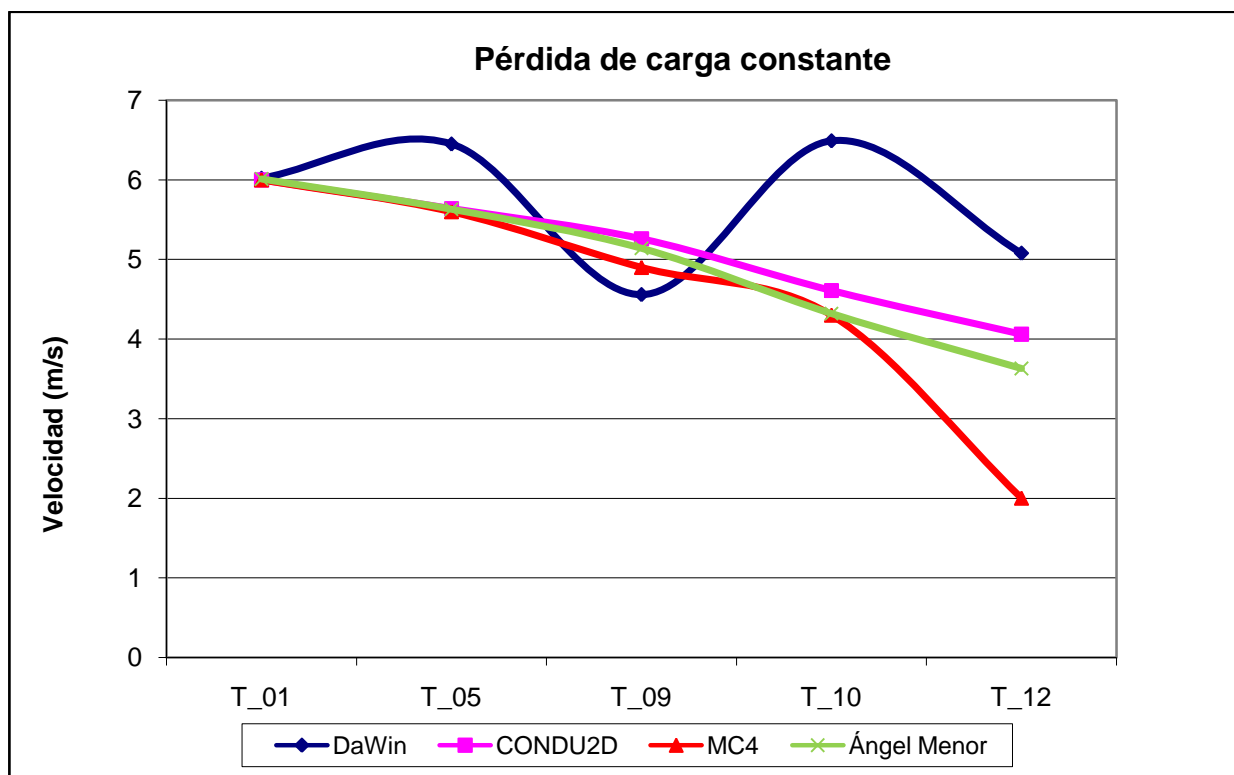


Fig.41. Comparativa de velocidades entre programas. Rama de mayor longitud

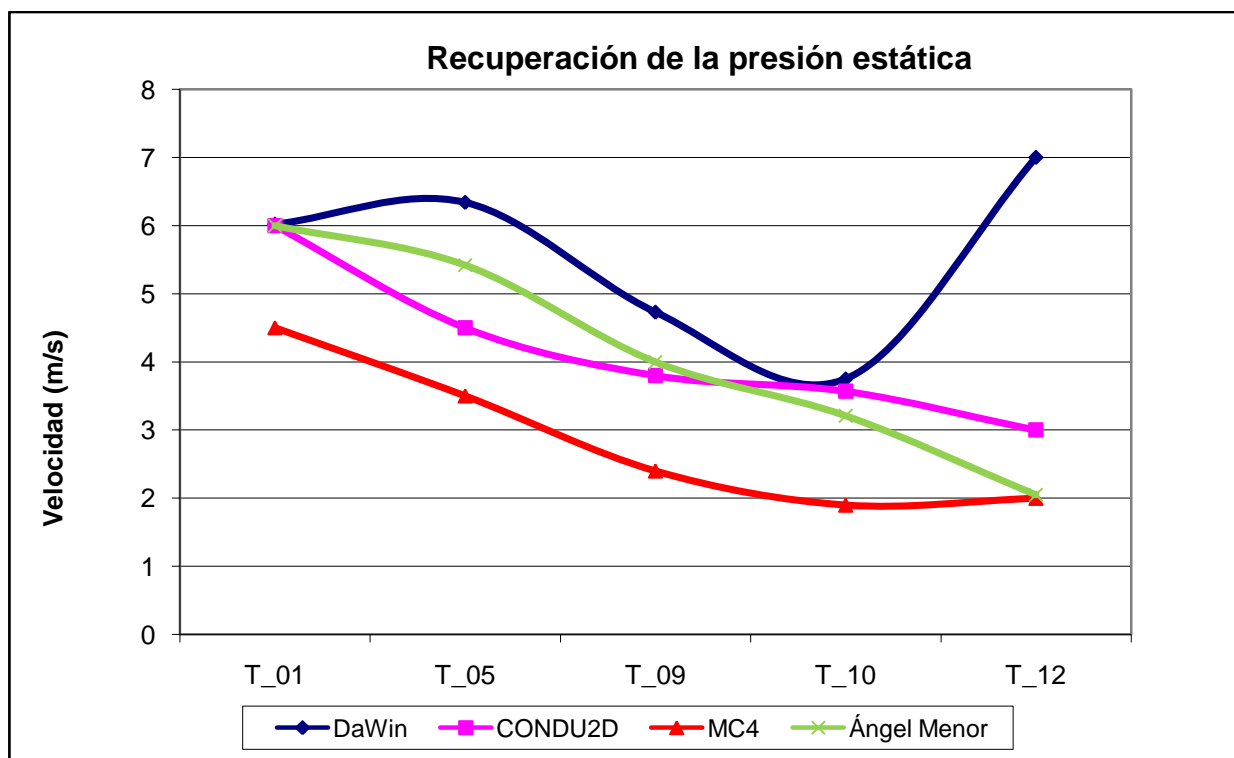


Fig.42. Comparativa de velocidades entre programas. Rama de mayor longitud

RAMA DE MAYOR PÉRDIDA DE CARGA

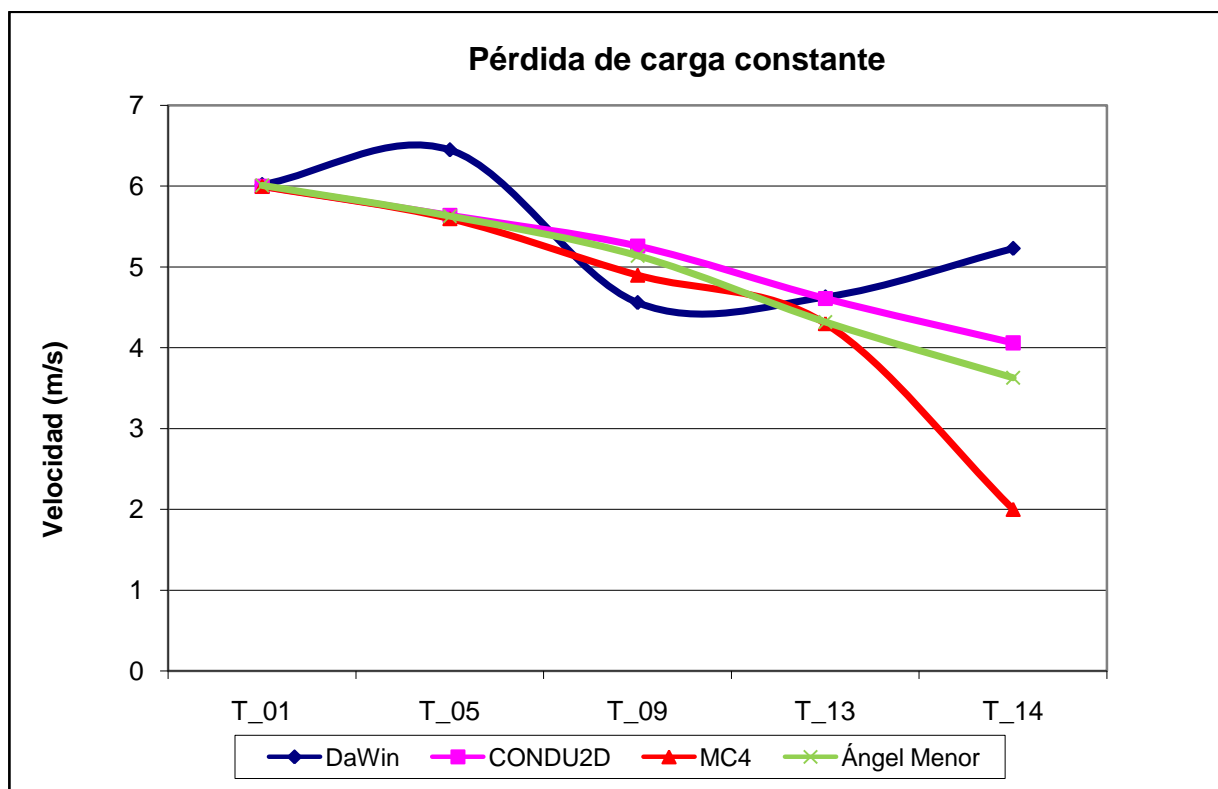


Fig.43. Comparativa de velocidades entre programas. Rama de mayor pérdida de carga.PCC

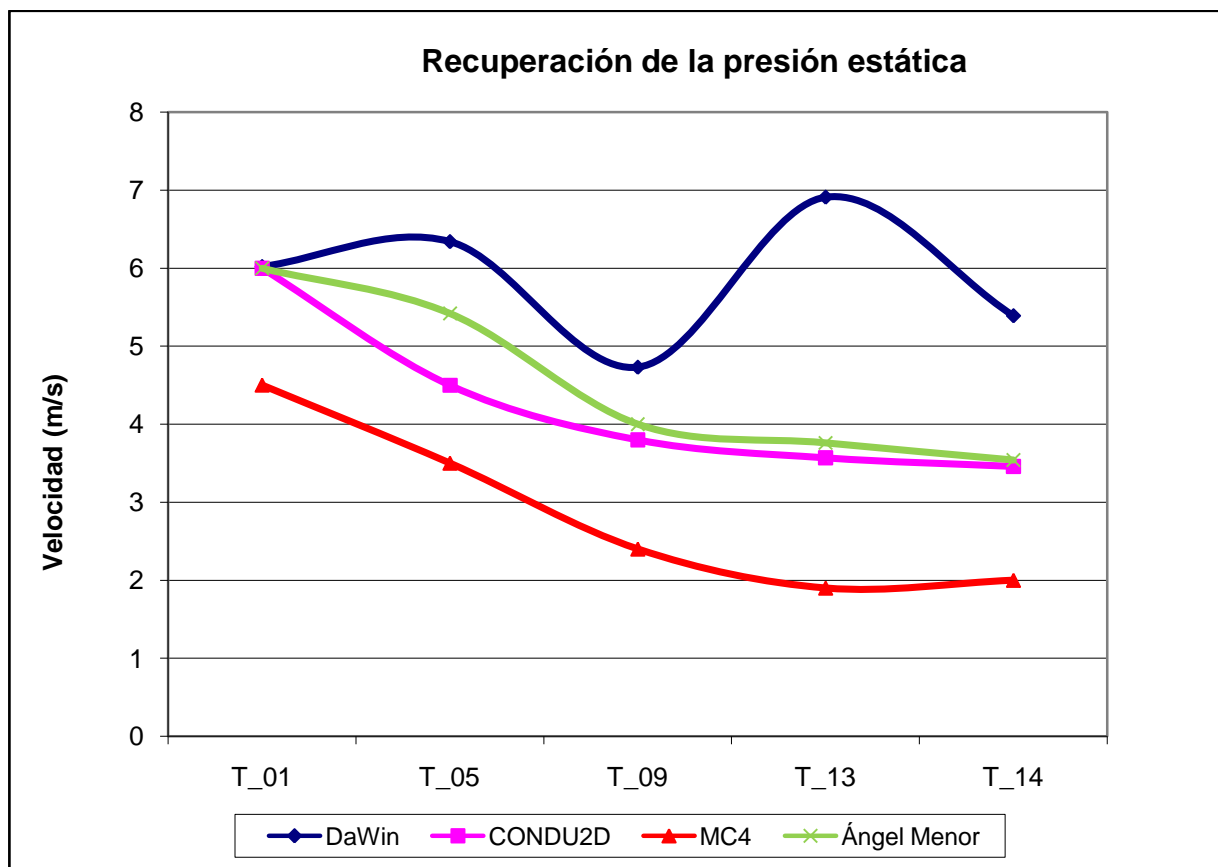


Fig.44. Comparativa de velocidades entre programas. Rama de mayor pérdida de carga.RE

1.5. Resultados globales

1.5.1. Superficie total de conductos

Resultados obtenidos

A continuación se muestra una tabla con la relación de superficies necesarias por tramos y en color azul la superficie total requerida por cada método y programa.

Superficies

SUPERFICIE NECESARIA (M ²)									
TR_	Long. real	DAWIN		CONDU_2D		MC4		ÁNGEL MENOR	
		P.C.Const	Recup. Estática	P.C.Const	Recup. Estática	P.C.Const	Recup. Estática	P.C.Const	Recup. Estática
SUPERFICIE TOTAL NECESARIA		84,03	84,28	77,17	82,30	85,56	91,27	87,61	92,00

Tabla 14. Superficie total necesarias de material por programa y método de cálculo

En la tabla siguiente podemos comprobar un resumen de los datos representados anteriormente, donde se indica entre paréntesis y en color verde el exceso de material (10% recortes) que no aplica sólo el programa MC4 en el cálculo debido a la construcción de codos, pliegues, solapes, etc.

PROGRAMA	METODO DE CALCULO	SUPERFICIE
DAWIN	P.P.C	85,83 (95,37)
	Recuperación estat.	84,28 (93,64)
CONDU_2D	P.P.C	77,17 (88,74)
	Recuperación estat.	82,30 (94,65)
MC4	P.P.C	85,56
	Recuperación estat.	91,27
ÁNGEL MENOR	P.P.C	87,61 (97,34)
	Recuperación estat.	92,00 (102,2)

Tabla 15. Superficie total y neta necesarias de material por programa y método de cálculo.

En relación a los resultados presentados podemos observar:

Respecto a la sensibilidad al método, la superficie total obtenida mediante RE es mayor que la obtenida por medio de PCC en tres de las cuatro aplicaciones, salvo como en el resto de las comparativas en DAWIN.

Esta conclusión guarda relación con la propia metodología empleada en RE basada en un aumento de la superficie de rozamiento del aire (mayores secciones de conductos) y una circulación pausada del aire en el interior de los conductos (menores velocidades) para

una optimización de la recuperación estática, pérdidas por rozamiento, en el acoplamiento del tramo siguiente. Por ello llama mucho la atención el caso de DAWIN, en el cual suponemos existe algún fallo de diseño o en la entrada de parámetros.

Es en el programa CONDU_2D donde más se acentúa la diferencia entre ambos métodos obteniéndose un exceso de superficie de 5.91 m^2 (7,65%) sobre el método de PCC, decir que para MC4 la diferencia entre métodos es de $5,71 \text{ m}^2$ (6,67%), valor muy parejo al de CONDU_2D. En el otro extremo nos encontramos con DAWIN, con una diferencia de $1,55 \text{ m}^2$ (1.83%) entre los dos métodos, pero en este caso es mayor el valor obtenido por PCC. Y por último en una posición intermedia, aunque claramente más cercana a los dos primeras, está ANGEL MENOR con un exceso obtenido en RE de 4.39 m^2 (5,01%) respecto a PCC.

Por otra parte, respecto a la sensibilidad al programa, tanto en PCC como en RE, se verifica que CONDU_2D es el que tiene un mayor requerimiento de superficie, seguido de DAWIN, le sigue MC4 y termina ANGEL MENOR.

Interesantes son los resultados obtenidos en la comparativa entre CONDU_2D-ANGEL MENOR en la que se alcanzan diferencias de superficies de 10 m^2 (12,95%) y $9,7 \text{ m}^2$ (11,78%) para PCC y RE respectivamente. En torno a $8,39 \text{ m}^2$ (10,87%) en PCC y $8,97 \text{ m}^2$ (10,89%) en RE, se observan entre MC4-CONDU_2D, mientras que para el binomio MC4- DAWIN se obtuvieron datos más reducidos comprendidos entre los $0,37 \text{ m}^2$ (0,43%) de PCC y los $6,99 \text{ m}^2$ (8,29%) de RE. Las diferencias entre DAWIN y CONDU_2D se sitúan en $8,79$ (11,35 %) para PCC y en $1,98$ (2,4 %) en RE. Del resto de comparativas destacar la de MC4-ANGEL MENOR ya que las diferencias son mínimas en ambos métodos $2,05 \text{ m}^2$ (2,39 %) PCC y $0,73 \text{ m}^2$ (0,8 %) en RE.

Con objeto de realizar un análisis completo de sobre-dimensionamiento de la red de conductos se hizo una comparativa incluyendo a todos los métodos de los cuatro programas estudiados, tal que tomando como referencia el método del programa que menores requerimientos de superficie tenía, es decir, PCC en CONDU_2D, se obtuvieron los siguientes resultados:

- La diferencia entre CONDU_2D y el resto de programas no es demasiado significativa alcanzando hasta un 14% ($10,44 \text{ m}^2$) en sobre-dimensionamiento para PCC y un 12% ($9,7 \text{ m}^2$) para RE.
 - En el caso de DAWIN, las distancias quedan reducidas a 10% ($7,72 \text{ m}^2$) en RE y a 3% ($1,68 \text{ m}^2$) en PCC en ambos casos con respecto a ANGEL MENOR.
- Aun menores son las diferencias en ANGEL MENOR y MC4 1% ($0,73 \text{ m}^2$) para RE y 3% ($2,05 \text{ m}^2$)

Debe tenerse en cuenta que en la comparativa analítica y gráfica realizada no se ha considerado el 10% para recortes calculado por los tres programas que se señalan en el apartado anterior (figura). En dicho caso se dispararía aún más las necesidades de estos programas sobre todo con respecto a MC4. En las tablas se mencionaron a título informativo.

Comparativas gráficas

Las conclusiones analizadas en el apartado anterior se muestran gráficamente a continuación.

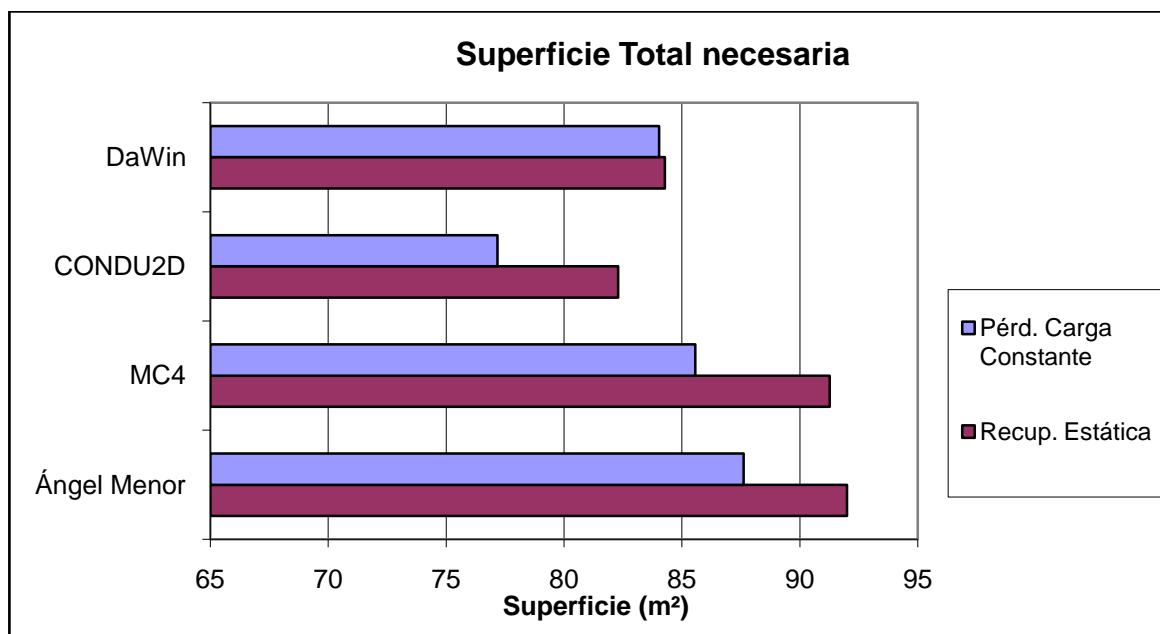


Fig. 45. Superficie total necesarias de material por programa y método de calculo

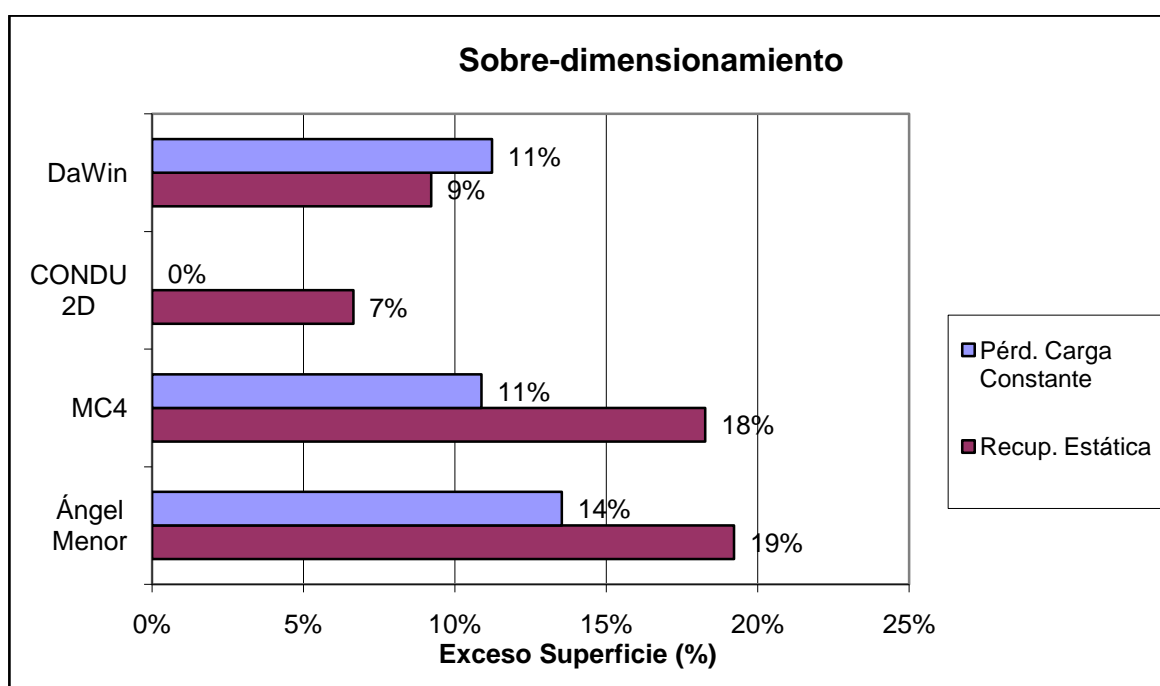


Fig. 46 Sobredimensionamiento de la superficie total necesarias de material por programa y método de calculo

1.5.2. Presión estática y presión total necesaria en el ventilador

Resultados obtenidos

En este apartado se presentaran mediante tablas la presión estática y total requerida por el ventilador, en Pascales (Pa) para cada método y programa estudiados en el proyecto.

PRESION ESTATICA Y TOTAL (Pa)									
TR_	Long. real	DAWIN		Condu_2D		MC4		Ángel Menor	
		P.C.Cte	Recup. Estática	P.C.Cte	Recup. Estática	P.C.Cte	Recup. Estática	P.C.Cte	Recup. Estática
PRESION ESTATICA		86,1	98,5	67,04	66,94	46,48	61,11	56,13	45,46
PRESION TOTAL		107,9	120,4	79,28	79,18	68,54	73,25	57,39	67,12

Tabla 16. Presiones necesarias en el ventilador estática y total por programa y método de cálculo.

En la elección del ventilador debemos tener en cuenta:

Las presiones exigidas en un ventilador empleando en el cálculo el método de PCC son mayores que en el método de RE. Tan Solo Condu_2d verifica esta regla mientras que en las tres aplicaciones informáticas restantes no se cumple, sin embargo en términos de presión estática en ANGEL MENOR, se puede observar como es superior en PCC a RE.

En ambos métodos vemos como DAWIN es el que tiene mayores necesidades tiene, ya que hay una diferencia 41,22 Pa (52,05%) en el método de RE con respecto al segundo programa que más requiere, en este caso CONDU_2D, con respecto a las otras dos aplicaciones las mayores diferencias en cuanto a presión total de ambos métodos son de 47,15 Pa (64,36%) con MC4 y de 52,88 Pa (78,78%) con ANGEL MENOR, todas ellas en el método de RE.

Entre CONDU_2D y MC4 es donde encontramos menor distancia en el conjunto de los métodos así la mayor diferencia es de 10,71(15,62 %) Pa y la menor de 5,93 (8,09%) Pa. ANGEL es el que menos necesidades tienes ya que la presión total en RE es 67,12 Pa, lo que supone 6,13 Pa (9,13 %) de diferencia con el siguiente programa con menos exigencias de presión .

Mediante el método de PCC, tanto en estática como en total, DAWIN es el programa que mayor requerimiento tiene. En cambio las necesidades de CONDU_2D y MC4 son bastante similares, por último ANGEL MENOR es con cierta diferencia el que menos requerimientos precisa.

Señalar que las diferencias en cuanto a la presión estática se mantienen en todas las aplicaciones aproximadamente con respecto a las presiones totales salvo en el caso de ANGEL MENOR, donde tan solo es de 1,26 Pa, y por tanto con el resto de aplicaciones donde las presiones totales son 50,51 Pa (88,01 %) con DAWIN, 21,89 Pa (38,14 %) CONDU_2D y 11,15 Pa (19,43 %).

En RE, tanto en estática como en total, DAWIN sigue siendo el programa que tiene las mayores necesidades, a continuación se encuentra CONDU_2D, MC4 y por último estaría ANGEL MENOR, es decir, igual que en el método anterior.

En este método curiosamente es donde encontramos las mayores diferencias ya que en el caso de DAWIN supera los 60 Pa con la aplicación que menores requerimientos tiene, ANGEL MENOR.

El resto de distancia de DAWIN ya se han comentado, mientras que la comparativa CONDU_2D-MC4 es poco significativa, por el contrario ANGEL MENOR- MC4, ANGEL MENOR- CONDU_2D, son similares y están en torno a los 7 Pa en ambas , en cuanto a las presiones totales , y las estáticas.

Con objeto de realizar un análisis completo de sobre-presiones de la red de conductos se hizo una comparativa incluyendo a todos los métodos de los tres programas estudiados, tal que tomando como referencia el método del programa que menores

requerimientos en presión tenía, es decir, RE en CONDU, se obtuvieron los siguientes resultados:

- La diferencia entre DAWIN y el resto de programas es significativa alcanzando hasta un 117% en sobre-presión estática para RE y un 89 % en RE.
- En el caso de CONDU_2D, las distancias quedan reducidas a 47% en ambos métodos.
- MC4 se convierte en la referencia para el método PCC, ya ANGEL MENOR sobre-dimensión un 24 % para este método, en cambio para RE, CONDU_2D llega al 34% de presión estática sobredimensionada.
- Respecto a las presiones totales los valores anteriores en general disminuyen hasta 110% (PCC) y 88% (RE) en DAWIN, hasta un 38 % en ambos métodos de CONDU_2D .mientras que en MC4 el valor de RE aumenta hasta un 28 % y el de PCC disminuye hasta el 28 %.

Comparativas gráficas

En primer lugar representaremos la presión estática obtenida y posteriormente la sobre-presión estática, tomando RE en ANGEL MENOR como método y programa referente.

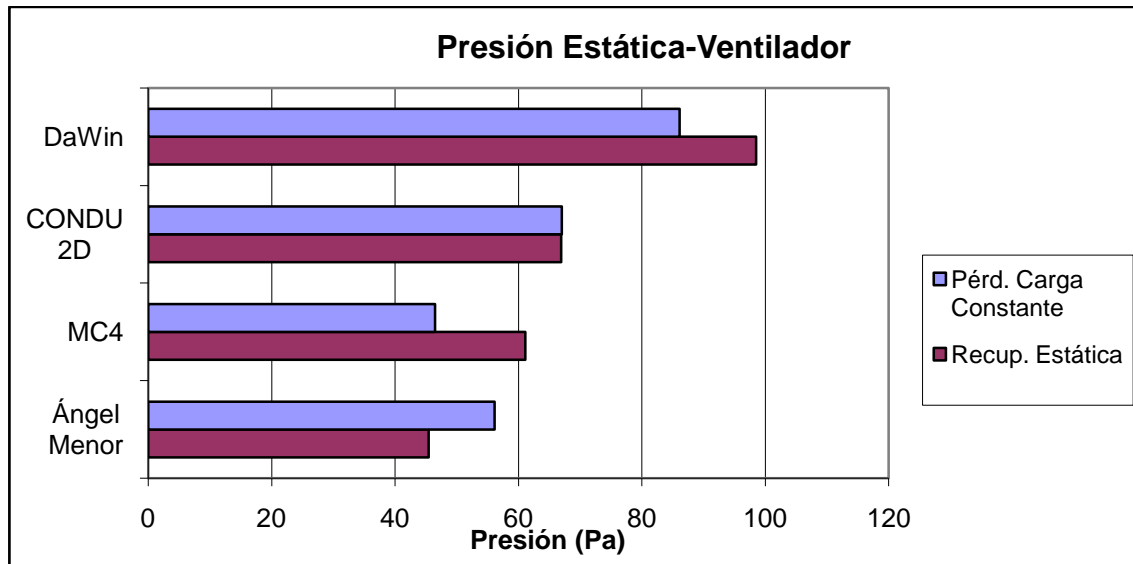


Fig. 47. Presión necesaria en el ventilador estática por programa y método de cálculo.

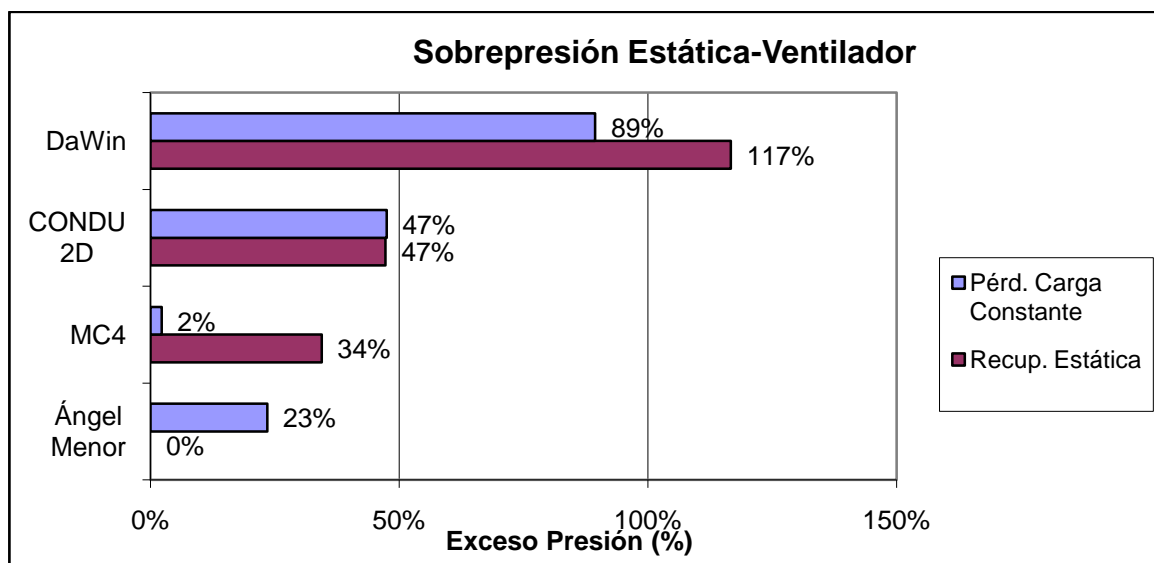


Fig. 48. Sobrepresión estática por programa y método de cálculo.

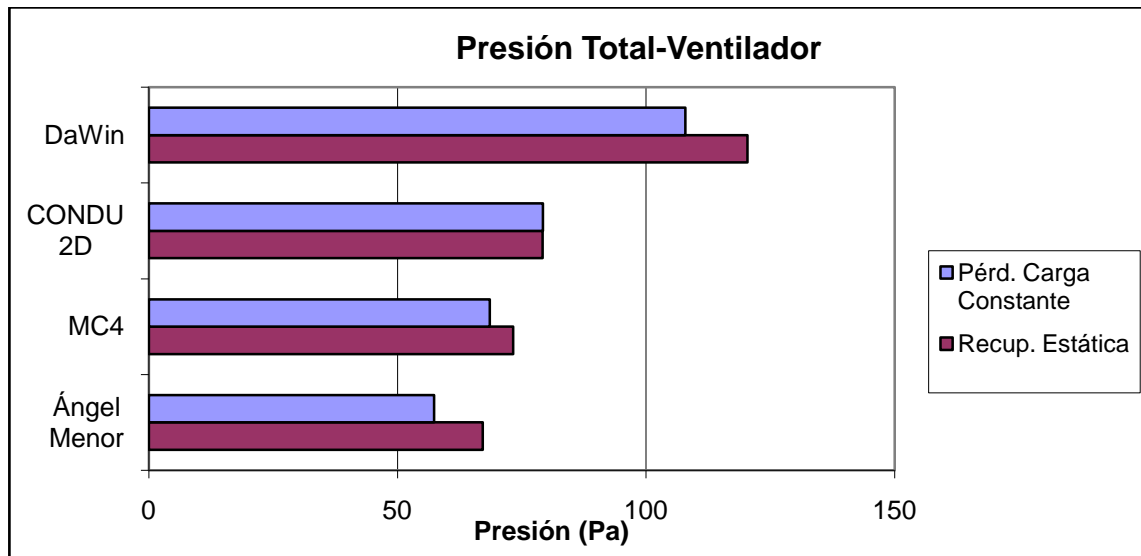


Fig. 49. Presión necesaria en el ventilador total por programa y método de cálculo

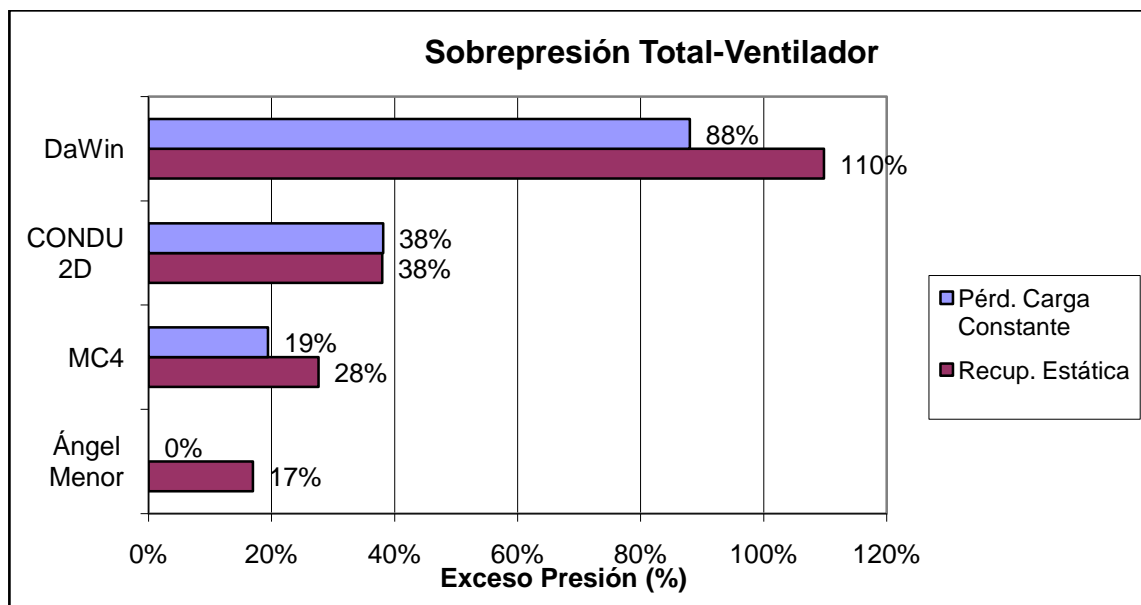


Fig. 50. Sobrepresión total por programa y método de cálculo.