

# Controles en la Nivelación II

---

TOPOGRAFÍA II

BRYAN ENRIQUE LÓPEZ PÉREZ

PRIMER SEMESTRE 2023

SECCIÓN A

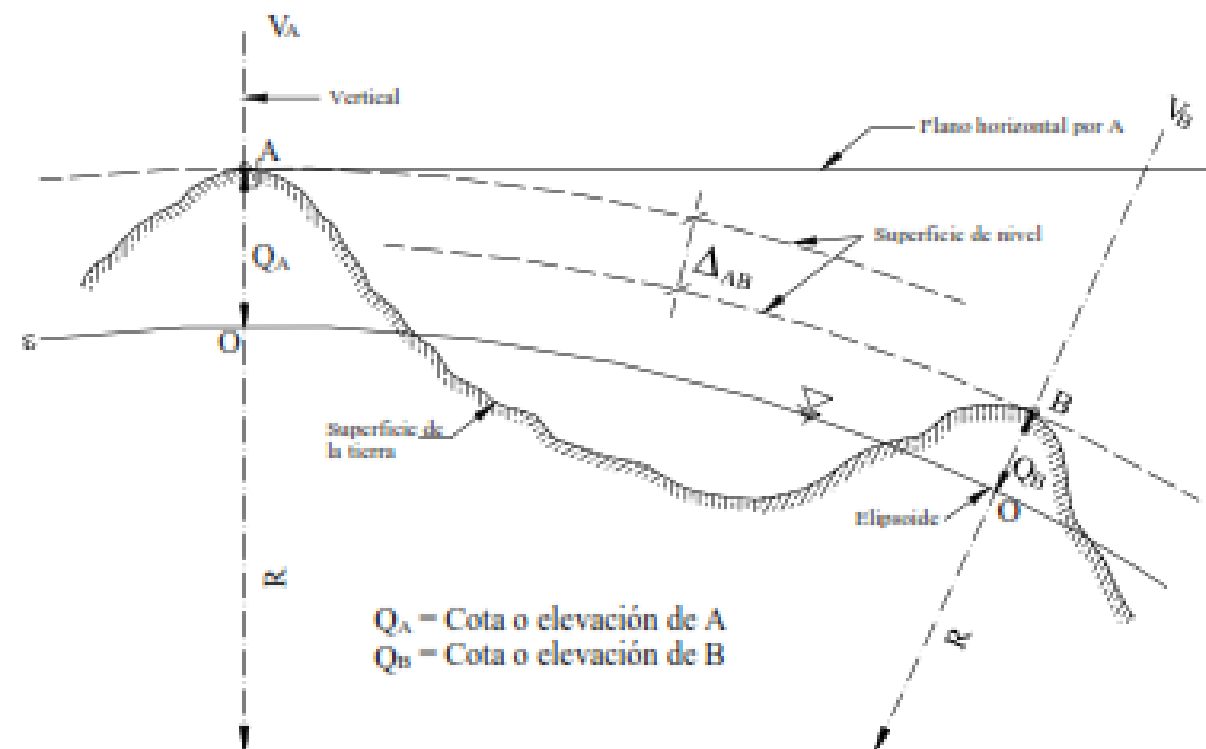
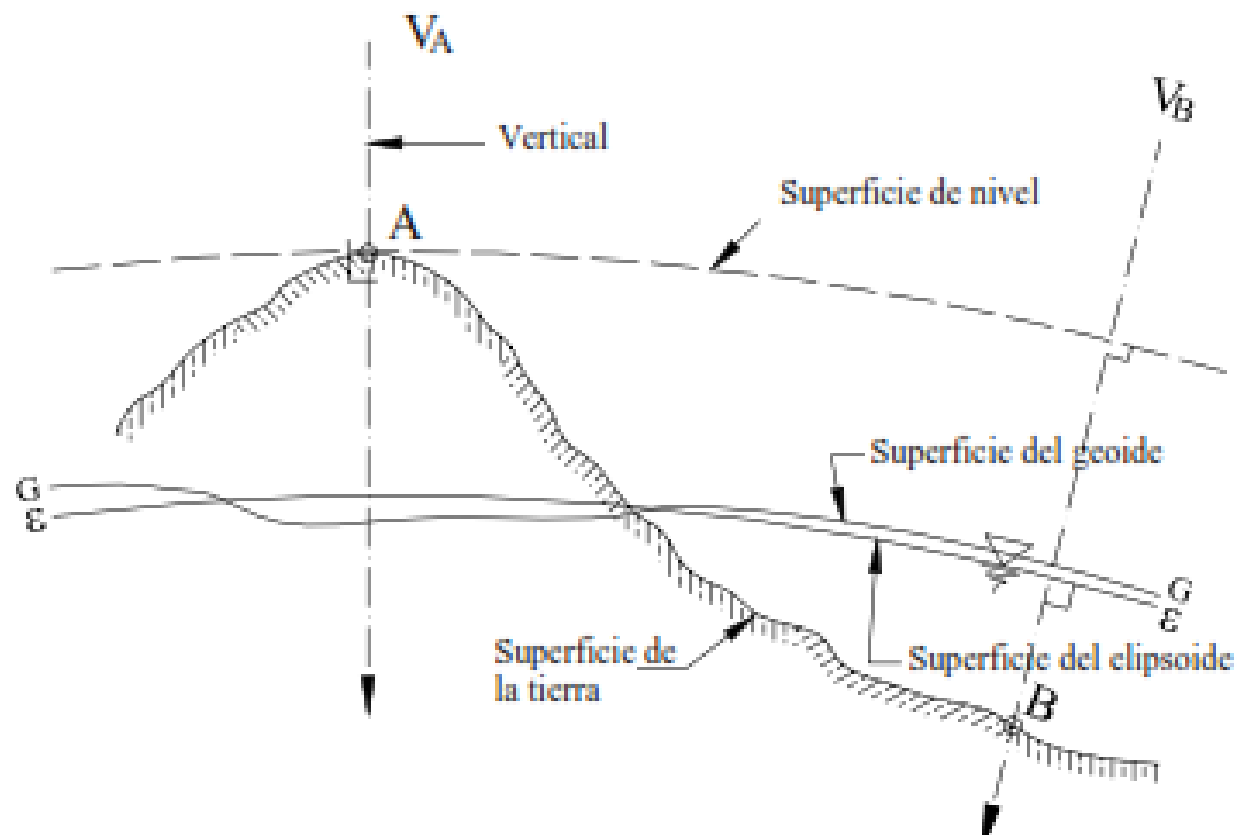
A solid teal-colored horizontal bar spanning the entire width of the page at the bottom.

# Forma de la Tierra

---

Para el estudio de la nivelación es necesario definir o determinar la forma de la tierra, problema extremadamente complejo si no imposible para una solución matemática.

Fue costumbre definir la superficie de la tierra como la superficie del geoide o superficie de nivel, que coincide con la superficie del agua en reposo de los océanos, idealmente extendido bajo los continentes, de modo que la dirección de las líneas verticales crucen perpendicularmente esta superficie en todos sus puntos



# Curvatura y Refracción

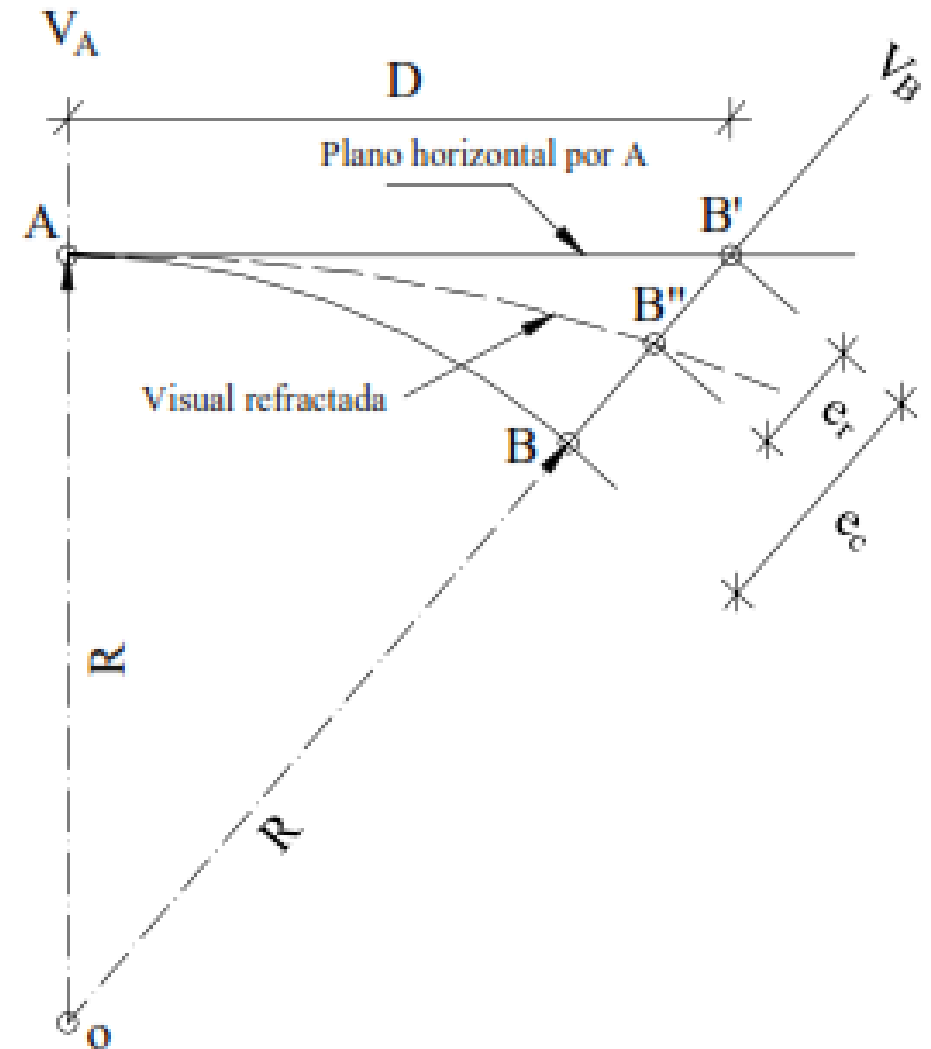
Aceptando la simplificación sobre la forma de la tierra, debemos estimar el efecto que la misma tiene en el proceso de nivelación. Como se puede observar en la figura 6.4, una visual horizontal lanzada desde el punto A se aleja de la superficie de la tierra en función de la distancia horizontal D, por lo que el efecto de la curvatura de la tierra  $e_c$ , será la distancia BB'.

Aplicando la ecuación de Pitágoras

$$(R + e_c)^2 = R^2 + D^2$$

$$R^2 + 2Re_c + e_c^2 = R^2 + D^2$$

$$e_c = \frac{D^2 - e_c^2}{2R}$$



---

Tomando un valor de  $R = 6.370 \text{ km}$ , y considerando por el momento una distancia horizontal de unos pocos km, digamos  $2 \text{ km}$ , la magnitud del efecto de curvatura resulta un valor pequeño por lo que  $e_c \cong 0$  por ser un infinitésimo de orden superior, quedando la ecuación

$$e_c = \frac{D^2}{2R}$$

Si recordamos que la atmósfera esta constituida por una masa de aire dispuesta en estratos de diferentes densidades, considerados constantes para cada estrato e iguales a la densidad media del aire del estrato considerado, la refracción atmosférica desviará la visual lanzada desde A describiendo una línea curva y generando el efecto de refracción ( $e_r$ ), tal y como se muestra en la figura anterior.

El efecto de refracción depende de la presión atmosférica, temperatura y ubicación geográfica, pero se puede admitir, para simplificar el problema, como función directa de la curvatura terrestre.

$K$ = coeficiente de Refracción

$$e_r = K.e_c \qquad e_r = K \frac{D^2}{2R}$$

---

Se puede observar en la figura 6.4 que el efecto de refracción contrarresta el efecto de curvatura, por lo que el efecto o error total de curvatura y refracción ( $e_{cr}$ ) se determina según la siguiente expresión:

$$e_{cr} = e_c - e_r = \frac{D^2}{2R}(1 - K)$$

$$e_{cr} = \frac{D^2}{2R}(1 - K)$$

El campo topográfico altimétrico dependerá de la precisión que se desee obtener y de la apreciación de los instrumentos a utilizar en las operaciones de nivelación.

# Ejemplo

---

Determinar la máxima distancia horizontal para una nivelación de precisión en la que se requiere que el  $e_{cr} \leq 1$  mm.

Solución

Para mantener el  $e_{cr} \leq 1$  mm, es necesario que en la nivelación se empleen instrumentos con apreciación de 1 mm y aproximaciones de lectura del orden de décimas de mm.

$$e_{cr} = \frac{D^2}{2R} (1 - K) \quad \therefore \quad D = \sqrt{\frac{2 R e_{cr}}{1 - K}}$$

Tomando como valor promedio de  $k = 0,16$  y haciendo  $e_{cr} = 1$  mm nos queda:

$$D = \sqrt{\frac{2 \times 6.370.000 \times 0,001}{(1 - 0,16)}} = 123,153m$$

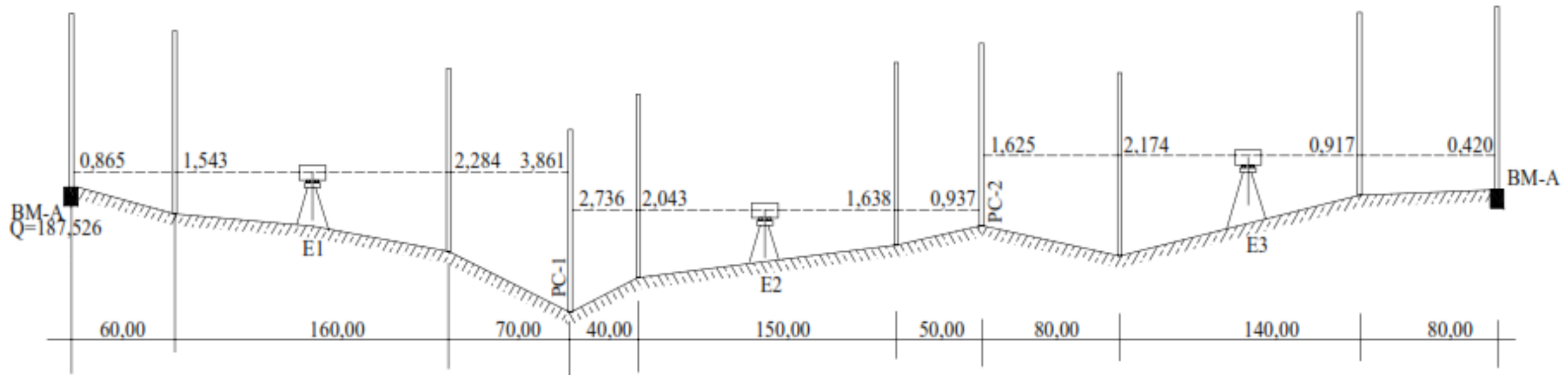
---

D	$e_{cr}$ mm	TIPO DE NIVELACION
100	0,65	Nivelación geométrica de precisión. Mira vertical de invar y micrómetro óptico.
200	2,64	Nivelación geométrica con mira vertical.
400	10,55	Nivelaciones taquimétricas . Determinación de puntos de relleno.
500 ≥1.000	16,48 65,93	Considerar el $e_{cr}$ .



# Ejemplo de corrección de nivelación

Observando la ecuación  $T_m = m\sqrt{K}$  vemos que la tolerancia está en función de la distancia nivelada, razón por la cual uno de los métodos de ajuste de nivelaciones distribuye el error en forma proporcional a las distancias. El procedimiento de cálculo de compensación de nivelaciones por el método proporcional se explica en detalle en el ejemplo E6-9.



---

Por tratarse de una nivelación cerrada, el error de nivelación

$$E_n = 5,226 - 5,218 = 0,008 \text{ m} = 8 \text{ mm}$$

$$T_n = 15\sqrt{0,830} = 10,9 \text{ mm}$$

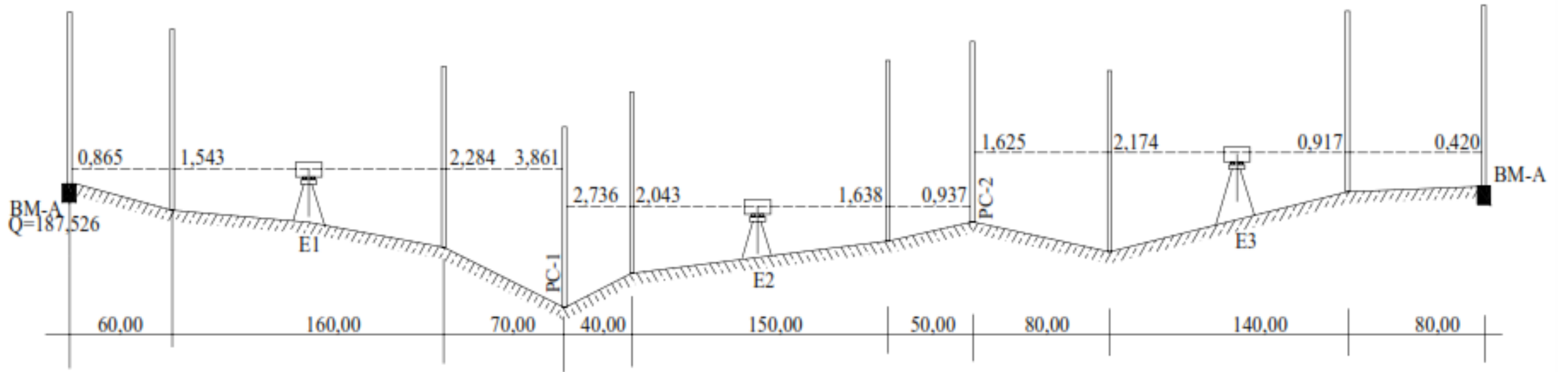
Siendo  $T_n > E_n$  En procedemos a compensar el error proporcionalmente a la distancia nivelada sobre los puntos de cambio. Nótese que en este método de compensación proporcional a la distancia nivelada, el punto A debe ser considerado punto de cambio.

$$C_1 = -\frac{290}{830} \times 0,008 = -0,003$$

$$C_2 = -\frac{530}{830} \times 0,008 = -0,005$$

$$C_3 = -\frac{830}{830} \times 0,008 = -0,008$$

Est.	PV	Dist. P	Dist. Ac	L <sub>AT</sub>	L <sub>INT</sub>	L <sub>AD</sub>	Horiz	Cotas Calculadas	Comp	Cotas comp.
E1	A	--	0,00	0,865			188,391	<b>187,526</b>	--	<b>187,526</b>
	1	60,00	60,00		1,543			186,848	--	186,848
	2	160,00	120,00		2,284			186,107	--	186,107
	PC <sub>1</sub>	70,00	290,00			3,861		184,530	-0,003	184,527
E2	PC <sub>1</sub>	--	--	2,736			187,266	184,530	-0,003	184,527
	3	40,00	330,00		2,043			185,223	-0,003	185,220
	4	150,00	480,00		1,638			185,628	-0,003	185,625
	PC <sub>2</sub>	50,00	530,00			0,937		186,329	-0,005	186,324



Est.	PV	Dist. P	Dist. Ac	L <sub>AT</sub>	L <sub>INT</sub>	L <sub>AD</sub>	Horiz	Cotas Calculadas	Comp	Cotas comp.
E3	PC <sub>2</sub>	--	--	1,625			187,954	186,329	-0,005	186,324
	5	80,00	610,00		2,174			185,780	-0,005	185,775
	6	140,00	750,00		0,917			187,037	-0,005	187,032
	A	80,00	830,00			0,420		187,534	-0,008	187,526
				Σ	5,226		5,218	187,526		
				Dif.		+ 0,008	Dif.	+ 0,008		

