ANEJO Nº 9 – CÁLCULO HIDRAULICO Y MECÁNICO DE LA INSTALACIÓN Y PROCESO DEL TRATAMIENTO.

ÍNDICE:

PARTE I: CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE LAS CONDUCCIONES 5

1. INTRODUCCIÓN..... 5
2. OBTENCIÓN DE LOS DATOS DE PARTIDA:..... 5
   - 2.1. CAUDAL DE CÁLCULO..... 5
   - 2.2. DISPONIBILIDAD DE AGUA REUTILIZADA: 7
3. ESTUDIO HIDRÁULICO DE LA IMPULSIÓN DE AGUA REGENERADA. METODOLOGÍA DE CÁLCULO 7
   - 3.1. INTRODUCCIÓN..... 7
   - 3.2. CONDUCCIONES DE IMPULSIÓN 7
     - 3.2.1. Elección del diámetro y presión nominal de la tubería 8
     - 3.2.2. Rugosidad: 10
     - 3.2.3. Análisis en régimen permanente. Formulación general..... 11
     - 2.3.3. Pérdidas de carga continuas..... 13
     - 3.2.4. Pérdidas de carga localizadas. 15
     - 3.2.5. Pérdida total de carga..... 16
     - 3.2.6. Golpe de ariete 16
     - 3.2.7. Diseño de presiones. Régimen transitorio..... 17
   - 3.3. ESTUDIO DE ELEMENTOS ESPECIALES. VENTOSAS 18
     - 3.3.1. Introducción 18
     - 3.3.2. Elección del tipo de ventosas..... 19
     - 3.3.3. Elección de diámetros de ventosas..... 19
   - 3.4. ESTUDIO DE ELEMENTOS ESPECIALES. DESAGÜES.....20
     - 3.4.1. Introducción 20
4. DISEÑO DEL TRATAMIENTO DE DEPURACIÓN TERCIARIO 20
   - 4.1. FILTRO DE DISCOS..... 20
   - 4.2. DESINFECCIÓN U.V. 21
5. DIMENSIONAMIENTO DEL TERCIARIO 21
   - 5.1. INTRODUCCIÓN 21
   - 5.2. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN LAS CONDUCCIONES 22
     - 5.2.1. Elección de tuberías.....22
     - 5.2.2. Datos de las tuberías 23
     - 5.2.3. Pérdidas de carga (en línea y localizadas).....23
   - 5.3. RESULTADOS DE CÁLCULO 24
     - 5.3.1. Tramo 1: Salida a terciario a almcaneamiento agua regenerada. 25
     - 5.3.2. Tramo 2: Tramo desinfección U.V. 26
     - 5.3.3. Tramo 3: Filtro discos.....26
     - 5.3.4. Tramo 4: Desde colector de reunión de bombeo a filtro 27
     - 5.3.5. Tramo 5: Desde bombeo hasta colector de reunión: 28
6. ANÁLISIS IMPULSIÓN - EN RÉGIMEN PERMANENTE Y TRANSITORIO.29
   - 6.1. TRAMO 1: EDAR – BOMBEO INTERMEDIO..... 29
     - 6.1.1. Datos de partida:.....29
     - 6.1.2. Predimensionamiento de la tubería:.....29
     - 6.1.3. Características del fluido en el tramo: 31
     - 6.1.4. Cálculo de pérdida de cargas continuas:.....31
     - 6.1.5. Cálculo de pérdida de cargas localizadas: 33
     - 6.1.6. Cálculo del golpe de ariete:.....35
     - 6.1.7. Determinación de ventosas.....36
     - 6.1.8. Línea piezométrica y diseño de presiones. Introducción 37

6.1.9. Línea piezométrica y diseño de presiones. Escenario 1..... 38
6.1.10. Línea piezométrica y diseño de presiones. Escenario 2 ... 61
6.2. TRAMO 2: BOMBEO INTERMEDIO – EMBALSE “E”.....84
6.2.1. Datos de partida: 84
6.2.2. Predimensionamiento de la tubería:..... 84
6.2.3. Características del fluido en el tramo: 85
6.2.4. Cálculo de pérdida de cargas continuas: 86
6.2.5. Cálculo de pérdida de cargas localizadas: 87
6.2.6. Cálculo del golpe de ariete:..... 89
6.2.7. Determinación de diámetro de ventosas: 90
6.2.8. Línea piezométrica y diseño de presiones. Introducción 91
6.2.9. Línea piezométrica y diseño de presiones. Escenario 1..... 92
6.2.10. Línea piezométrica y diseño de presiones. Escenario 2 . 104
PARTE II: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LAS CONDUCCIONES 117
7. INTRODUCCIÓN..... 118
8. METODOLOGÍA - CÁLCULO MECÁNICO DE LAS CONDUCCIONES: 118
7.1. INTRODUCCIÓN 118
7.2. ZANJA E INSTALACIÓN DE OBRA.....118
7.2.1. Excavación en zanja: 118
7.2.2. Características de apoyo y relación de proyección: 119
7.2.3. Rellenos en zanja 120
7.2.4. Sobrecargas 121
7.2.5. Resultados..... 121
9. METODOLOGÍA - CÁLCULO DE ANCLAJES: 122
8.1. CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO 122
8.2. DIMENSIONAMIENTO DE LOS MACIZOS DE ANCLAJE..... 122
8.2.1. Empuje hidráulico (Eb) 122
8.2.2. Resistencia al empuje hidrostático: 123
8.2.3. Cálculo del volumen de hormigón y dimensiones geométricas123
9. CÁLCULO DE ANCLAJES – TRAMIFICACIÓN Y RESULTADOS:.....125
9.1. TRAMIFICACIÓN..... 125
9.2. RESULTADOS DE CÁLCULO 125
9.2.1. Codo horizontal de hasta 15º para tubería PVC-O DN250 PN25(Tramo eje 1): 126
9.2.2. Codo horizontal entre hasta 15º y 25º para tubería PVC-O DN250 PN25(Tramo eje 1):.....127
9.2.3. Codo horizontal entre hasta 25º y 35º para tubería PVC-O DN250 PN25(Tramo eje 1):.....128
9.2.4. Codo horizontal entre hasta 35º y 50º para tubería PVC-O DN250 PN25(Tramo eje 1):.....129
9.2.5. Codo horizontal entre hasta 50º y 75º para tubería PVC-O DN250 PN25(Tramo eje 1):.....130
9.2.6. Codo horizontal entre hasta 75º y 90º para tubería PVC-O DN250 PN25(Tramo eje 1):+.....131
9.2.7. Codo horizontal de hasta 15º para tubería PVC-O DN400 PN16 (Tramo eje 2): 132
9.2.8. Codo horizontal entre 15º y 25º para tubería PVC-O DN400 PN16 (Tramo eje 2): 133
9.2.9. Codo horizontal entre 25º y 35º para tubería PVC-O DN400 PN16 (Tramo eje 2): 134
9.2.10. Codo horizontal entre 35º y 50º para tubería PVC-O DN400 PN16 (Tramo eje 2):135

9.2.11. Codo horizontal entre 50º y 75º para tubería PVC-O DN400 PN16 (Tramo eje 2):136

9.2.12. Codo horizontal entre 75º y 90º para tubería PVC-O DN400 PN16 (Tramo eje 2):137

9.2.13. Codo vertical hasta 25º para tubería PVC-O DN250 PN25 (Tramo eje 1): 138

9.2.14. Codo vertical hasta 25º para tubería PVC-O DN400 PN16 (Tramo eje 2): 139

APÉNDICE 1: CALCULO MECÁNICO DE LAS CONDUCCIONES: TRAMO 1

APÉNDICE 2: CALCULO MECÁNICO DE LAS CONDUCCIONES: TRAMO 2

PARTE I: CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE LAS CONDUCCIONES

1. INTRODUCCIÓN

En el presento anejo se realizará un estudio hidráulico con el fin de determinar el diámetro de la conducción a emplear y las velocidades de flujo en los casos más desfavorables de caudales y alturas de bombeo tanto para la situación actual como para el año horizonte.

Para ello se han recogido los caudales medio y punta, de los distintos años aportados en el presente proyecto.

Una vez definidos los diámetros más adecuados, se diseñarán el resto de los elementos de la impulsión:

- Pozo de bombeo.
- Equipos electromecánicos de elevación
- Conducción
- Piezas especiales
- Desagües.
- Ventosas.
- Válvulas de corte, etc.

2. OBTENCIÓN DE LOS DATOS DE PARTIDA:

2.1. Caudal de cálculo

El primer dato necesario para el estudio será el caudal necesario requerido para impulsar. En este caso, es necesario recalcar que el condicionante limitante en el valor de caudal será el del dimensionamiento de la estación depuradora de Huércal Overa. A modo de resumen, se analiza dicho caudal obtenido.

El dimensionamiento de la EDAR de Huércal-Overa se ha realizado mediante una prognosis a 15 años horizonte, que, desde la fecha de puesta en servicio de la EDAR (2028), es para una población de 19.791 habitantes.

En cuanto a las dotaciones se refiere, en manuales especializados aparecen datos similares a los que se ofrecen a continuación, que reflejan la dotación en función del tamaño de la población, la importancia de su industria y servicios, o la existencia de fugas.

	Consumos urbanos de abastecimiento en l/ (hab. / día)				
Población (nº de habitantes)	Doméstico	Industrias de ciudad	Servicios municipales	Fugas de redes y varios	TOTAL
1000	60	5	10	25	100
1000 a 6000	70	30	25	25	150
6000 a 12000	90	50	35	25	200
12000 a 50000	110	70	35	25	200
50000 a 250000	125	100	50	25	300
Más de 250.000	165	150	60	25	400

Fuente: Aurelio HERNÁNDEZ"Saneamiento y Alcantarillado". Vertidos residuales"2001

Según la tabla anterior, para una población de las características de Huércal – Overa la dotación (D) de abastecimiento debería estar en el entorno de los 200 litros por habitante y día.

La dotación de saneamiento suele calcularse afectando la dotación de abastecimiento de un coeficiente reductor (c_r), cuyo valor varía en función de las pérdidas en la red y otros factores. En este caso el valor de ese coeficiente sería de aproximadamente 0,9.

$$Q_{med} = D\left(\frac{l}{hab.día}\right) \times P_{2028}(hab) \times c_r$$

$$Q_{med} = 200 \times 19.791 \times 0{,}90$$

Se obtiene un volumen diario:

$$Q_{med} = 3.562.380\ \frac{l}{día}$$

Si pasamos este caudal a metros cúbicos por segundo, obtenemos un volumen diario de **3.562,38 m³/d**

Además, si tenemos en cuenta el dimensionamiento de proyecto de la depuradora de Huércal-Overa, el caudal diario obtenido es de **3.563,55 m3/día**, tal y como aparece en su correspondiente Anejo de Dimensionamiento y que swe cita a continuación::

Se define así el coeficiente punta o factor de punta, como la relación del consumo horario dentro del día de consumo máximo al consumo horario dentro del día del consumo medio. Los valores normales de este coeficiente para cada tipo de población son:

Coeficiente punta (Cp)

Cp ≥ 2.4	Ciudades pequeñas, rústicas y residenciales.
1.8 ≤ Cp ≤ 2.4	Ciudades de más de 100.000 habitantes e industrialización media.
1.4 ≤ Cp ≤ 1.8	Ciudades mayores de 800.000 habitantes y fuertemente industrializadas

Por las características demográficas de Huércal-Overa nos encontraríamos en el primer caso, esto es, Cp = 2,4.

Existen también expresiones de ajuste, como por ejemplo la del CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas), según la cual el caudal máximo queda determinado por la siguiente expresión, conocida también como fórmula del MOPU:

Tabla 106. Fórmulas para el cálculo del caudal punta y mínimo de aguas residuales domésticas (elaborada a partir de los datos de Uralita, 2002)

	Fuente	Caudal punta QD_p (l/s)	Caudal mínimo QD_{min} (l/s)
Basadas en QD_m y en P_h	Giff (1945)	$QD_p = \frac{5}{P_h^{1/6}} QD_m$	$QD_{\min} = \frac{P_h^{1/6}}{5} QD_m$
	Babit (1952)	$QD_p = \frac{5}{P_h^{0,20}} QD_m$	
	Stanley y Kaufman (1953)	$QD_p = (1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P_h}}) QD_m$	$QD_{\min} = 0{,}50 QD_m$
	Fair and Geyer (1954)	$QD_p = (1 + \frac{18 + \sqrt{P_h}}{4 + \sqrt{P_h}}) QD_m$	
Basadas solo en QD_m	Catalá (1988)	$QD_p = (1{,}5 + \frac{2{,}5}{\sqrt{Q_m}}) QD_m$	
	MOPU (1983)	$QD_p = (1{,}15 + \frac{2{,}575}{Q_m^{0,25}}) QD_m$	
	Confederación Hidrográfica del Norte (1995)	$QD_p = QD_m + 2{,}6 \times (QD_m)^{0,7}$ si $QD_m > 2\ l/s$ $QD_p = 5{,}5 \times (QD_m)^{0,2}$ si $QD_m < 2\ l/s$	$QD_{\min} = 0{,}50 QD_m$
	ASCE Manual nº 60	$QD_p = (3{,}687 \cdot QD_m^{-0,073}) QD_m$	
	Gaines (1989)	$QD_p = 2{,}18 \cdot QD_m^{-0,064}$	
	AEAS (1992)	$QD_p = K_h \cdot K_s \cdot K_{est} \cdot QD_m$ (K_h de1,4 a 1,8; K_s de 2,03 a 1,10 y K_{est} de 1,35 a 1,45)	
	Canal de Isabel II (2005)	$QD_p = 1{,}6(\sqrt{QD_m} + QD_m) < 3 \cdot QD_m$	

En este caso, la expresión del MOPU proporciona un valor de Cp = 2.08. No obstante, se ha

redondeado este valor por exceso hasta Cp = 2.10.

En cuanto al caudal máximo que será admitido en el pretratamiento, se calcula afectando el caudal medio de un coeficiente de valor igual a 5.

<u>Datos para el Diseño de caudales y cargas contaminantes</u>

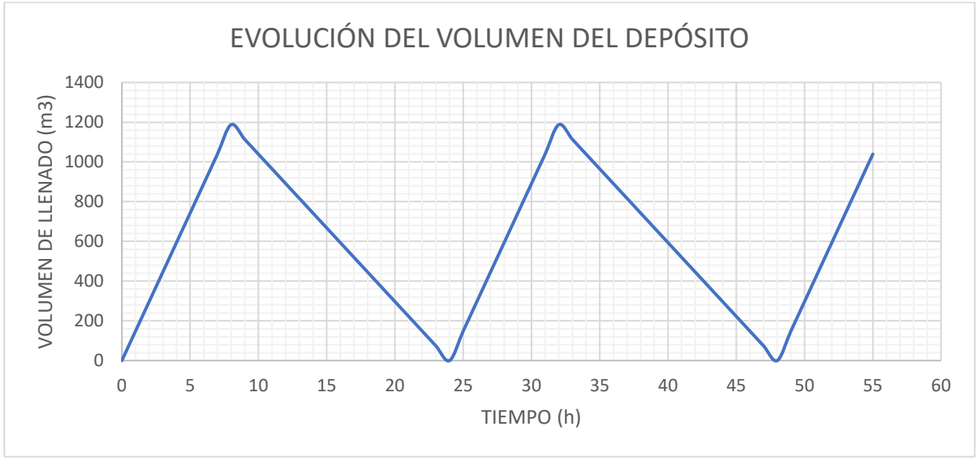
Como resumen de las consideraciones anteriores, se ofrecen a continuación los datos de caudales que serán considerados para el diseño de la EDAR.

- Q medio diario = 3.563,55 m3/día
- Q medio horario = 148,48 m3/h
- Q punta biolog = 311,81 m3/h
- Q punta pretrat = 742,4 m3/h

Por coherencia, se establece que el caudal medio del tratamiento terciario sea idéntico al caudal medio de cálculo de la EDAR de Huércal-Overa, ya que es el máximo caudal medio que puede llegar a dicho terciario (el resto será aliviado en la propia EDAR), así que se establece que el caudal medio de cálculo sea **3.563,55 m^3/d.**

2.2. Disponibilidad de agua reutilizada:

La producción media de la EDAR es de 3563,55 m3/d, durante 24 horas, lo que implica un caudal de 148,48 metros cúbicos por hora. El funcionamiento del bombeo se considerará de 16 horas al día desde la depuradora, por lo que la evolución del volumen del depósito en este caso se refleja en el siguiente gráfico.



Para la balsa a la salida del terciario, que se ubicará a la salida del tratamiento terciario en el mismo lugar que ocupa la antigua balsa facultativa de depuración ya desecada (ver ANEJO Nº12) en el interior de las instalaciones de la actual EDAR del municipio de Huércal-Overa, se puede observar, con los datos existentes, que el depósito es suficiente para un llenado durante 3 días, de aproximadamente 5.000 m3.

3. ESTUDIO HIDRÁULICO DE LA IMPULSIÓN DE AGUA REGENERADA. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

3.1. INTRODUCCIÓN

El bombeo necesario para poder llevar el agua tratada desde la EDAR de Huercal Overa, hasta el punto de destino posee las siguientes características:

- Longitud: 8.369 m
- Incremento de cota geométrica: 205 m (aproximadamente)
- Caudales: 3.563,55 m^3/día (calculado en el apartado anterior)

La impulsión se encuentra dividida en dos tramos, el tramo 1 con funcionamiento eléctrico dependiente desde la EDAR actual, y funcionamiento en 16 horas y el tramo 2, intermedio, con funcionamiento por energía fotovoltaica, con funcionamiento de nueve horas diarias de media anual.

3.2. CONDUCCIONES DE IMPULSIÓN

Para iniciar la realización de este análisis en el dimensionamiento y caracterización de las tuberías de impulsión, es necesario conocer, en un primer momento, los datos de partida. Para el proyecto que nos ocupa, los datos de partida iniciales, a tenor de las condicionantes que existen, son:

- Caudal diario requerido (en nuestro caso ya es fijo, de 3.563,55 m^3/día)
- Horas de funcionamiento de las bombas al día.
- Cota de salida del agua bombeada (aguas abajo)
- Cota de entrada del agua bombeada (aguas arriba)

- Material: en nuestro caso será el **Policloruro de vinilo orientado (PVC-O)**

A continuación, justificaremos los parámetros hidráulicos, que servirán de base a los cálculos a realizar.

3.2.1. Elección del diámetro y presión nominal de la tubería

En primer lugar, lo que se va a buscar es dimensionar el diámetro interior de la tubería. Para ello, existen varios criterios y diversa formulación en la bibliografía hidráulica existentes. Algunos de estos factores son:

- Caudal establecido
- Velocidad máxima admitida por la tubería
- Factores económicos
- Presión nominal de la tubería

No obstante, y en base a que este proceso de cálculo implica a casi todos los parámetros calculados, en este primer apartado se hará una primera estimación del diámetro obtenido y, en posterior análisis, también se realizará el de la presión nominal.

Como hemos indicado en apartados anteriores, varios son los criterios para el predimensionamiento de las tuberías, por consiguiente, existe diversa formulación para su determinación.

- Fórmula de Bresse (criterio minimalista)

Es la primera fórmula que aparece en la bibliografía hidráulica sobre el dimensionado económico de tuberías (Bresse, 1860). Se trata de un criterio muy elemental y excesivamente conservador, ya que corresponde a una velocidad constante de 0.57 m/s, que resulta ser una velocidad ampliamente superada hoy en día. Viene dado por la expresión:

$$D_{int} = 1{,}50 \times \sqrt{Q}$$

- Fórmula de Weyrauch (criterio conservador)

En este caso, la expresión de Weyrauch (1915), que continúa el modus operandi de la fórmula anterior, es:

$$D_{int} = 1{,}04 \times \sqrt{Q}$$

lo que ofrece una velocidad de 1.18 m/s. Aunque este método ofrece una velocidad mayor, a día de hoy esa velocidad es ampliamente superada y la resistencia de los materiales hoy en día permiten un mayor caudal posible.

- Fórmula ponderada

Cabe destacar que, en modo general, los métodos anteriormente citados tienden a ser conservadores, por lo que se va a considerar otro método con el fin de establecer una primera aproximación En el mismo orden de ideas, en este caso, se tiene que:

$$D_{int} = 0{,}92 \times \sqrt{Q}$$

O lo que es lo mismo, se exige que se cumpla:

$$D_{int} \geq \sqrt{0{,}236 \times Q}$$

lo que ofrece una velocidad constante de 1.50 m/s.

- Fórmula de Dacach

La fórmula de Dacach (1979) es una variante de la formulación anterior y es ampliamente aceptada y utilizada en USA, que se muestra a continuación

$$D_{int} = 0{,}9 \times Q^{0{,}45}$$

Hasta ahora, los métodos y fórmulas empleados para la elección del diámetro no tienen en cuenta únicamente más que el caudal, sin tener en cuenta otras consideraciones, como por ejemplo el tipo de material.

- Fórmula de Mougnie (Manning)

La fórmula de Mougnie-Manning, que relaciona la velocidad máxima con el diámetro interior mediante la fórmula siguiente, tiene en cuenta un factor que hasta ahora no ha sido considerada, que es el tipo de material, mediante su coeficiente de Manning:

$$v = 1{,}50 \times \frac{0{,}013}{n} \sqrt{D_{int} + 0.05}$$

Siendo:

v, velocidad del fluido en m/s

D_{int}, diámetro interior de la tubería

N, coeficiente de rugosidad de Manning.

Es decir, que la velocidad máxima del agua circulante en cada tramo no supere dicho valor obtenido.

Siendo conocedores del caudal diario necesario a obtener, que viene como dato de partida del diseño, y de las horas de uso o funcionamiento de las bombas, se puede obtener el caudal (en m3/seg) de la conducción:

$$Q = \frac{Q_d}{T_f}$$

Siendo

Q, el caudal en m3/s

Qd, volumen diario a impulsar (caudal diario), en m3/día

Tf, tiempo de funcionamiento de las bombas, en segundos por día

(cabe destacar que el dato de horas de funcionamiento habrá que convertirlo en segundos)

A partir de estos datos, obtenemos un pre-dimensionamiento de la tubería, sabiendo que el caudal se calcula, según la ecuación de continuidad, como:

$$v = \frac{Q}{A}$$

Según el diámetro de la tubería, se obtiene:

$$v = \frac{Q}{\pi \times \left(\frac{D_{int}}{2}\right)^2}$$

O lo que es lo mismo:

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi \times {D_{int}}^2}$$

En definitiva, la ecuación resultante respecto al caudal es:

$$\frac{4 \times Q}{\pi \times {D_{int}}^2} = 1{,}50 \times \frac{0{,}013}{n} \sqrt{D_{int} + 0.05}$$

O lo que es lo mismo

$$Q = \frac{\pi \times {D_{int}}^2}{4} \times 1{,}50 \times \frac{0{,}013}{n} \sqrt{D_{int} + 0.05}$$

Simplificando, obtenemos la siguiente ecuación:

$$Q = {D_{int}}^2 \times \frac{0{,}015}{n} \times \sqrt{D_{int} + 0.05}$$

A partir de esta fórmula, podemos obtener el valor del diámetro interior máximo para no superar el caudal requerido, y que será el que se empleará en el resto del proceso de cálculo.

El caudal se obtiene de la tabla siguiente, correspondiente a tubos en PVC-O, aunque, a niveles prácticos, la mayoría de casas comerciales se mueven en parámetros muy similares:

PRESIÓN NOMINAL (bar)			PN12,5		PN16		PN20		PN25	
Diametro Nominal (DN)	Diámetro exterior (Dext)		Diametro Interior (DN)	Espesor Nominal (e)	Diametro Interior (DN)	Espesor Nominal (e)	Diametro Interior (DN)	Espesor Nominal (e)	Diametro Interior (DN)	Espesor Nominal (e)
mm	min (mm)	max (mm)	med (mm)	min (mm)	med (mm)	min (mm)	med (mm)	min (mm)	med (mm)	min (mm)
90	90,0	90,3			84,0	2,0	84,0	2,5	82,2	3,1
110	110,0	110,4	104,4	2,2	104,0	2,4	103,2	3,1	101,4	3,8
125	125,0	125,4	118,8	2,5	117,8	2,8	117,0	3,5	115,2	4,3
140	140,0	140,5	133,0	2,8	132,4	3,1	131,2	3,9	129,2	4,8
160	160,0	160,5	152,0	3,2	151,4	3,5	150,0	4,4	147,6	5,5
200	200,0	200,6	190,0	4,0	189,2	4,4	187,4	5,5	184,4	6,9
225	225,0	225,7	213,6	4,5	212,8	5,0	210,8	6,2	207,4	7,7
250	250,0	250,8	237,4	5,0	236,4	5,5	234,2	6,9	230,6	8,6
315	315,0	316,0	299,2	6,3	298,0	3,9	295,2	8,7	290,6	10,8
355	355,0	356,1	337,4	7,1	336,0	7,8	332,4	9,8	327,2	12,2
400	400,0	401,2	379,8	8,0	378,4	8,8	374,8	11,0	369,0	13,7
450	450,0	451,4	427,6	8,9	426,0	9,9	421,4	12,4	415,0	15,4
500	500,0	501,5	474,6	9,9	472,8	11,0	468,6	13,7	461,2	17,1
630	630,0	631,9	597,8	12,6	595,8	13,8	590,4	17,3	581,0	21,6
710	710,0	712,0	674,8	14,2	671,4	15,4	665,6	19,2	654,6	24,4
800	800,0	802,0	760,4	16,3	757,8	17,4	750,4	21,6		

3.2.2. Rugosidad:

La rugosidad para las conducciones de **Policloruro de vinilo orientado (PVC-O)**, recurriendo a la Guía Técnica sobre Tuberías para el Transporte de Agua a presión del CEDEX para, concretamente a su tabla 70, adoptamos un valor conservador de **0,0025mm**.

	Fundición			Acero			Hormigón			PVC			PE			PRFV		
	+	~	−	+	~	−	+	~	−	+	~	−	+	~	−	+	~	−
(a)	0,015	0,03 0,06	0,060 0,150	0,03	0,060	0,150	0,030 0,060	0,06 0,15	0,15 0,60		0,0600					0,030		0,060
(b)	0,060	0,15	0,300	0,90 0,30 0,15 0,06 0,05 0,01	1,500 0,600 0,200 0,100 0,100 0,060	2,400 0,900 0,300 0,150 0,150 0,300	0,600 0,400 0,180 0,150 0,060 0,015	1,50 0,50 0,30 0,30 0,10 0,03	3,00 0,60 0,40 0,50 0,18 0,06	0,002		0,004						
(c)	0,500 1,500		1,000 3,000				3,000 0,300		20,0 3,00		0,010			0,0015				
(d)		0,03		0,03		0,050								0,007				
(e)	0,003		0,100				0,020		0,20		0,0002							
(f)											0,0015							
(g)	0,030		0,100															
(h)	0,030	0,10	3,000		0,050			0,25			0,0070			0,007			0,010	
(i)				0,05		0,007												
(j)	0,150		0,500				0,300		4,00		0,0250			0,025				
(k)	0,150		0,250		0,046		0,300		3,00									
(l)																	0,023	
(m)																0,003		0,001
(o)							0,030		0,10									

	Fundición			Acero			Hormigón			PVC			PE			PRFV		
	+	~	−	+	~	−	+	~	−	+	~	−	+	~	−	+	~	−
(p)	0,250		0,600	0,06		0,080	0,300		0,50		0,0200			0,002				
(q)	0,030		0,100	0,03		0,100	0,300		0,03	0,060		0,003		0,005				
(r)							0,300		3,00									
(s)																		
(t)	0,050		0,125		0,050		0,040		0,25									

\+ *Valor mínimo de la rugosidad. Tubería en muy buen estado*
− *Valor máximo de la rugosidad. Tubería en muy mal estado*
~ *Valor intermedio*

Material tubería	Rugosidad (ε)
PE, PVC	0,0025
PRFV	0,01
Tubos estirados de acero	0,0024
Latón o cobre	0,0015
Fundición revestida de cemento	0,0024
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024
Fundición centrifugada	0,003
Fundición asfaltada asfaltada	0.06-0.18
Fundición	0.12-0.6
Acero comercial y soldado	0.03-0.09
Hierro forjado	0.03-0.09
Hierro galvanizado	0.06-0.24
Hormigón	0.3-3

Se adoptará pues un valor de rugosidad de **0,0025 mm.**

En cuanto a los valores de rugosidad de Manning (n), se obtiene mediante la tabla que se indica a continuación de la misma guía anteriormente citada:

Tabla 71. Valores de la rugosidad de Manning según materiales y distintas fuentes

	Fundición			Acero			Hormigón			PVC			PE			PRFV		
	+	~	–	+	~	–	+	~	–	+	~	–	+	~	–	+	~	–
(a)	0,010		0,014				0,010		0,016	0,008		0,010	0,008		0,010	0,010		
(c)										0,006		0,008	0,006		0,008			
(d)		0,017						0,015			0,008			0,008				
(f)					0,0110											0,009		
(h)	0,013		0,017	0,008		0,011	0,013		0,017		0,009							
(n)					0,0106													
(o)							0,012		0,013									
(r)	0,011		0,017															

Para el Policloruro de Vinilo (PVC), se aplicará un valor o coeficiente de **0,007.**

Para el Poletileno de Alta densidad (PEAD), se aplicará un valor o coeficiente de **0,007.**

3.2.3. Análisis en régimen permanente. Formulación general.

El régimen permanente en tuberías se rige por el Principio de Conservación de la Masa (Ecuación de Continuidad) y por el Segundo Principio de Newton (Teorema de Bernoulli). Para el análisis en régimen permanente de las conducciones objeto de estudio, se parte de la hipótesis de que en ningún punto del fluido las características del flujo varían a lo largo del tiempo.

Como consecuencia del Principio de Conservación de la Masa, en un movimiento permanente, la masa de fluido que atraviesa cualquier sección de una conducción se consideran dos secciones rectas de la misma, A1y A2, situadas en puntos perfectamente diferenciados de la conducción que es recorrida por el agua con velocidades diferentes v1 y v2, el caudal circulante se mantiene constante y se puede establecer la siguiente igualdad:

$$Q = A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2 = (constante)$$

(Ecuación de la continuidad)

La verificación de esta igualdad se plantea debido a que, para las presiones habituales de trabajo, el agua es un líquido prácticamente incompresible y, en consecuencia, su densidad ρ se mantiene constante ($A_1 \times v_1 \times \rho_1 = A_2 \times v_2 \times \rho_2$).

El área de cada conducción en la sección *i*, se expresa:

$$A_i = \pi \times {R_i}^2 = \pi \times \left(\frac{D_{int}}{2}\right)^2 = \frac{\pi \times {D_{int}}^2}{4}$$

siendo:

- A_i Área de la tubería en la sección *i* (m^2).
- R_i Radio interior de la tubería en la sección *i* (m).

$Ø_i$ Diámetro interior de la tubería en la sección *i* (m).

La velocidad del agua en la conducción se deduce empleando la ecuación de la continuidad:

$$v = \frac{Q}{A}$$

dónde:

Q Caudal circulante (m^3/s).

A Sección transversal del flujo (m^2).

v Velocidad media del agua (m/s).

En segundo lugar, como consecuencia de la aplicación del Segundo Principio de Newton, bajo las hipótesis de fluido incompresible, en movimiento permanente y tubería indeformable, se llega al planteamiento del Teorema de Bernouilli entre las secciones 1 y 2 de la tubería:

$$\gamma \times Q \times \Delta H = \gamma \times Q \times (H_2 - H_1)$$

siendo:

γ Peso específico del agua (N/m^3).

Q Caudal circulante (m^3/s).

H_1 *y* H_2 Altura de energía en los puntos 1 y 2 de la conducción (m).

ΔH Pérdidas de carga totales en la conducción (m).

Dado que, en la expresión en términos de potencia del Teorema de Bernoulli, el peso específico del agua γ y el caudal *Q* son constantes a lo largo de la conducción, la expresión del teorema se simplifica de la forma siguiente:

$$H_1 - H_2 = \Delta H$$

Por lo tanto:

$$H_1 = \Delta H + H_2$$

donde las alturas de energía H_1 *y* H_2 se expresan:

$$H_1 = h_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{{v_1}^2}{2 \times g}$$

$$H_2 = h_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{{v_2}^2}{2 \times g}$$

siendo:

h_i Altura geométrica del fluido en la sección *i* (1 o 2) (cota de dicha sección respecto al nivel de referencia fijado (m)).

$h_i + \frac{P_i}{\gamma}$ Altura piezométrica del fluido en la sección *i* (1 o 2) (m).

P_i Presión interior del agua en la sección *i* (N/m^2).

γ Peso específico del agua (N/m^3).

$\frac{v_i^2}{2 \times g}$ Término de energía cinética asociado al fluido (m).

v_i Velocidad del agua en la sección *i* (m/s).

g Aceleración de la gravedad (m/s^2).

En definitiva, obtenemos:

$$h_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{{v_1}^2}{2 \times g} = h_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{{v_2}^2}{2 \times g} + \Delta H$$

Las pérdidas de carga en la conducción dependen del caudal circulante, del tamaño de la sección, de la rugosidad de las paredes internas de la tubería, de la viscosidad del fluido, etc. Dentro de las pérdidas de carga, existen dos tipos de contribuciones: las pérdidas de carga continuas a lo largo de la conducción (y que dependen, entre otros, de la rugosidad de la tubería, de la longitud de la conducción, etc.) y las pérdidas de carga localizadas (que representan aquellas pérdidas que se localizan en elementos particulares de la conducción, tales como codos, embocaduras, válvulas, etc.).

En definitiva, tenemos:

$$\Delta H = \Delta H_{cont} + \Delta H_{loc}$$

dónde:

- ΔH Pérdidas de carga totales (m).
- ΔH_{cont} Pérdidas de carga continuas (m).
- ΔH_{loc} Pérdidas de carga localizadas (m).

En consecuencia, la expresión del Teorema de Bernouilli es la que se presenta a continuación:

$$h_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{{v_1}^2}{2 \times g} = h_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{{v_2}^2}{2 \times g} + \Delta H_{cont} + \Delta H_{loc}$$

La estimación de las pérdidas de carga totales se realiza según las expresiones que se incluyen en los siguientes puntos.

2.3.3. Pérdidas de carga continuas.

Se pueden computar las pérdidas de carga en línea mediante diversas expresiones, como pueden ser las fórmulas de Manning o, específicamente para tuberías de PVC, la de Veronesse-Datei. No obstante, la fórmula más recomendable según la Guía Técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión" CEDEX, 2003, (página 199), es la de Darcy y Weisbach:

$$J_u = \frac{\Delta H_{cont}}{L} = f \times \frac{1}{2g} \times \frac{v^2}{D_{int}}$$

siendo:

- J_u Pérdida de carga continua por unidad de longitud (m/m).
- ΔH_{cont} Pérdida de carga continua (m).
- L Longitud de la conducción (m).
- D_{int} Diámetro interior de la conducción (m).
- v Velocidad del agua (m/s).
- g Aceleración de la gravedad (m/s^2).
- f Coeficiente de pérdida de carga por unidad de longitud (o coeficiente de fricción de Darcy-Weisbach) (adimensional).

El cálculo del coeficiente de pérdida de carga por unidad de longitud, *f*, se realiza mediante la expresión de Colebrook-White (1.939), que es una fórmula de tipo implícito que requiere un proceso iterativo para su resolución:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log_{10}\left[\frac{K}{D \times 3{,}71} + \frac{2{,}51}{Re \times \sqrt{f}}\right]$$

Desarrollando la expresión anterior, obtenemos:

$$f = \frac{0{,}25}{\left[\log_{10}\left(\frac{K}{3{,}71 \times Ø} + \frac{2{,}51}{Re \times \sqrt{f}}\right)\right]^2}$$

dónde:

k Rugosidad hidráulica equivalente de Nikuradse de la tubería (m).

D_{int} Diámetro interior de la tubería (m).

Cabe destacar que al valor K/D se le denomina RUGOSIDAD RELATIVA.

R_e: Número de Reynolds (adimensional)

El valor del número de Reynolds, a su vez, se obtiene mediante la fórmula siguiente:

$$Re = \frac{v \times D_{int}}{\upsilon}$$

siendo:

v Velocidad del agua (m/s).

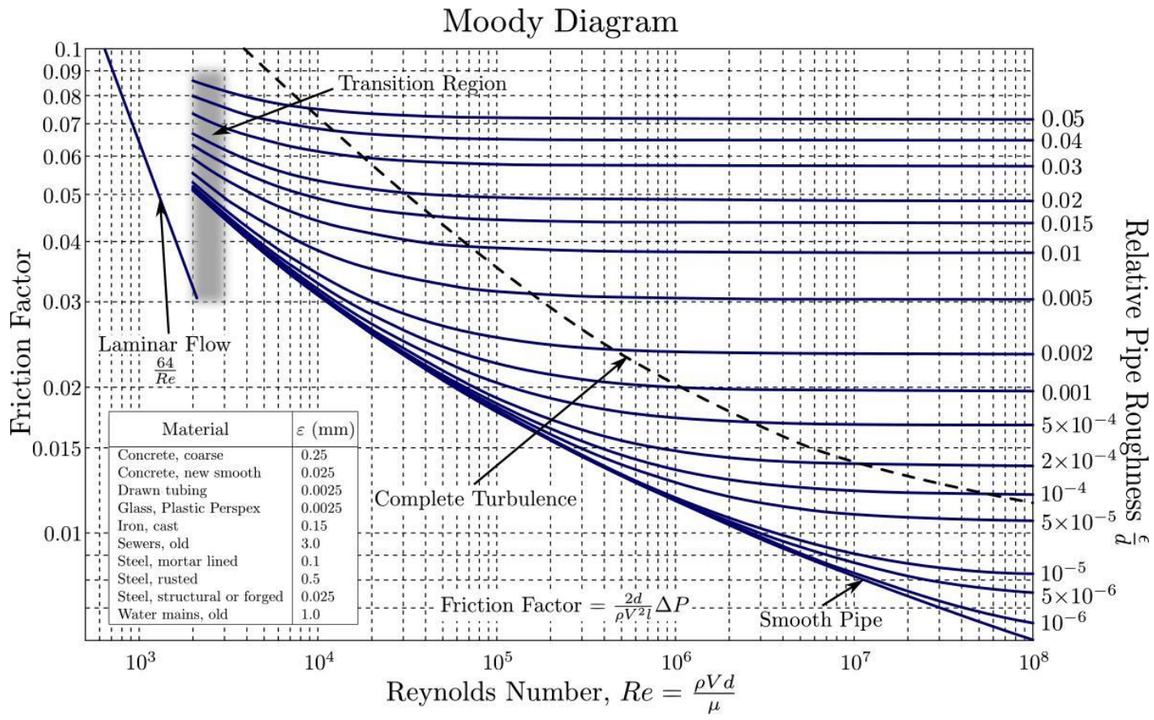
D_{int} Diámetro interior del tubo (m).

υ Viscosidad cinemática del agua (m^2/s) (1,003 $\times 10^{-6}$ m^2/s para el agua residual a 15-20ºC).

De acuerdo con el material de las conducciones (PVC-O), el valor adoptado para la rugosidad hidráulica *K* es de **0,007 mm.**

Para la resolución de la obtención del factor de fricción f, se puede realizar de dos maneras:

1) Método analítico. Aplicación de la formulación anteriormente citada.
2) Método gráfico. Aplicación de todo lo expuesto anteriormente mediante el Diagrama (o Ábaco) de Moody:



Donde el Reynolds Number es el número de Reynolds Re, la Relative Pipe Roughness es la Rugodidad relativa K/D_{int} y la Friction Factor es el Factor de fricción o coeficiente de pérdida de carga contínua (o lineal) debida a la fricción del material con el fluido, f.

Para el cálculo de la velocidad de la conducción se ha empleado la ecuación de la continuidad:

$$Q = A \times V = cte$$

dónde:

- *Q* Caudal unitario circulante por la tubería (m^3/s).
- *A* Sección transversal del flujo (m^2).
- *v* Velocidad media del agua (m/s).

Aplicando las expresiones para las tuberías objeto de estudio, se obtiene el valor del número de Reynolds, que es un parámetro adimensional que relaciona las fuerzas de inercia y la viscosidad del fluido (fuerzas viscosas).

Aplicando posteriormente la expresión de Colebrook-White, se puede definir el coeficiente de pérdida de carga por unidad de longitud, *f*, en función del resto de parámetros.

Tras el proceso iterativo de cálculo del coeficiente de pérdida de carga por unidad de longitud *f,* se obtiene su valor final, a partir del cual se determina la pérdida de carga continua por unidad de longitud.

$$\Delta H_{cont} = L \times J_u$$

$$\Delta H_{cont} = L \times f \times \frac{1}{2g} \times \frac{v^2}{D_{int}}$$

3.2.4. Pérdidas de carga localizadas.

Los distintos elementos singulares de la conducción (embocadura, codos, válvulas, etc.) introducen una serie de pérdidas de carga localizadas que han de tenerse en cuenta en los cálculos hidráulicos.

Dichas pérdidas de carga puntuales se calculan en función de la velocidad del agua en la conducción, mediante la siguiente expresión:

$$\Delta H_{loc} = K \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

El coeficiente K es adimensional y depende del tipo de singularidad y de la velocidad media en el interior de la tubería. En la práctica y para cálculos rápidos que no precisen de gran exactitud, se suelen adoptar los siguientes valores aproximados de K.

Accesorios	K	L/D
Válvula esférica (totalmente abierta)	10	350
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5	175
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2.5	-
Válvula de retención (totalmente abierta)	2	135
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0.2	13
Válvula de compuerta (abierta ¾)	1.15	35
Válvula de compuerta (abierta ½)	5.6	160
Válvula de compuerta (abierta ¼)	24.0	900
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-	40
"T" por la salida lateral	1.80	67
Codo a 90º de radio corto (con bridas)	0.90	32
Codo a 90º de radio normal (con bridas)	0.75	27
Codo a 90º de radio grande (con bridas)	0.60	20
Codo a 45º de radio corto (con bridas)	0.45	-
Codo a 45º de radio normal (con bridas)	0.40	-
Codo a 45º de radio grande (con bridas)	0.35	-

Por lo tanto, para un n elementos o accesorios distintos, tenemos la siguiente fórmula para el cálculo de pérdidas:

$$K = \sum_{i=0}^{n} [K_i \times N_i]$$

Siendo N_i la cantidad de un mismo accesorio.

Por lo tanto:

$$\Delta H_{loc} = \sum_{i=0}^{n} [K_i \times N_i] \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

No obstante, y debido a la cierta incertidumbre que supone este método (válvulas que no estén totalmente abiertas por mal uso o por deficiente mantenimiento, vida útil de los accesorios, modificaciones puntuales en el trazado definitivo, etc.), existe otro método que supone que la pérdida de carga localizada se estima, suponiendo una mayoración de las pérdidas continuas o lineales por longitud de tramo de la impulsión, en un incremento del 10%.

$$\Delta H_{loc} = 1{,}10 \times \Delta H_{cont}$$

3.2.5. Pérdida total de carga.

Para determinar la pérdida total de carga en la conducción, se tienen en cuenta tanto las pérdidas de carga lineales como localizadas. Aplicando la formulación indicada en los epígrafes precedentes, se alcanza el resultado de pérdidas de carga totales.

En los puntos siguientes se resumen los resultados obtenidos en cada uno de los casos analizados.

A partir de lo obtenido anteriormente, se considerará como altura manométrica la siguiente expresión:

$$H_{man} = \Delta h + \Delta H_{cont} + \Delta H_{loc}$$

3.2.6. Golpe de ariete

El golpe de ariete se calcula por medio de la formulación de Michaud y Allievi. En ella se determina que dependiendo del tiempo efectivo de cierre (T) y la celeridad o velocidad de propagación de las ondas respecto a la longitud de la tubería, deberemos emplear una formulación u otra. Para ello, se determina lo siguiente, a partir de la longitud crítica y el tiempo de parada:

- Si $L \leq L_{crit} = \frac{a \times T}{2}$: se emplea la formula de Michaud (conducciones cortas):

$$\Delta P = \pm \frac{2 \times L \times v}{g \times T}$$

- Si $L > L_{crit} = \frac{a \times T}{2}$: se emplea la formula de Allievi (conducciones largas):

$$\Delta P = \pm \frac{a \times v}{g}$$

- Si $T \leq \frac{2 \times L}{a}$, se considera un cierre rápido (se emplea la fórmula de Allievi)
- Si $T > \frac{2 \times L}{a}$, se considera un cierre lento (se emplea la fórmula de Michaud)

siendo:

ΔP, sobrepresión debido a golpe de ariete.

L, Longitud de tubería en m.

v, velocidad de circulación del agua en m/s V= 1,11m/s

T, Tiempo efectivo de cierre.

g, aceleración de la gravedad 9,81 m/s2

a, celeridad, velocidad de propagación de las ondas en m/s

A su vez, la celeridad o velocidad de propagación de las ondas (a) se determina mediante la formulación siguiente:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K_c \times \frac{D_m}{e}}}$$

Con

$$K_c = \frac{10^{10}}{E}$$

Siendo,

D_m, diámetro medio de la tubería en mm

e, espesor de la tubería en mm

E, módulo de elasticidad del material de la tubería kg/m2

Debido a que en todas las conducciones del presente proyecto son del mismo material, se empleará el valor de E específico para el PVC, que resulta:

$$E_{(PVC)} = 3.000\ Mpa = 3 \times 10^8\ \frac{kg}{m^2}$$

Por su parte, dado que es un bombeo calculamos el tiempo de parada (o cierre) de las bombas de acuerdo con la formulación de Mendiluce:

$$T = C + \frac{K \times L \times V}{g \times H_{man}}$$

Siendo

T, Tiempo de parada, en segundos.

C, Coeficiente adimensional empírico dependiendo de la pendiente manométrica

K, Coeficiente adimensional empírico dependiendo de la longitud de la impulsión (L)

L, Longitud de la conducción, en metros.

H_{man}= Altura manométrica en metros de columna de agua (mca).

La pendiente manométrica (p_{man}) se calcula como el cociente entre la altura manométrica y la longitud total de la impulsión:

$$p_{man} = \frac{H_{man}}{L}$$

V, velocidad media del agua en la impulsión (m/s)

G, aceleración de la gravedad (m/s^2)

Los valores de los coeficientes C y K vienen tabulados, tal y como se muestra a continuación:

p_{man}	≤0,20	0,25	0,30	0,35	≥0,40
C	1	0,8	0,5	0,4	0,4

L (m)	<500	500	1000	1500	>1500
K	2	1,75	1,5	1,25	1

Para modelizar el régimen transitorio, se empleará el software ALLIEVI, en su versión 3.0, del Insitituo Tecnológico del Agua (ITA) de la Universitat Politécnica de Valencia.

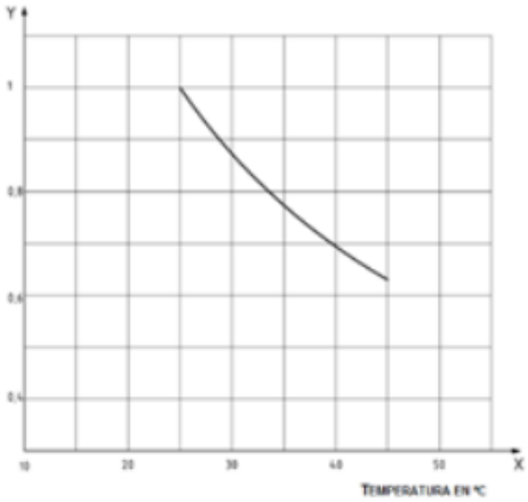
3.2.7. Diseño de presiones. Régimen transitorio

El diseño de presiones se obtiene mediante los términos inidcados anteriormente, teniendo en cuenta:

- La altura geométrica
- Las pérdidas de carga (altura manométrica) para carga estática
- El golpe de ariete para carga dinámica
- La temperatura

Para el cálculo de la presión nominal según los datos que tenemos (caudal, altura geométrica, etc.), se considera para una temperatura continuada de trabajo de 20ºC, lo cual no se cumple siempre, más teniendo en cuenta una conducción tan larga y en el emplazamiento geográfico que nos encontramos. Cabe destacar entonces que cuando el agua supera los 20ºC de una forma continuada, se deben aplicar factores de corrección. Para ser rigurosos, sería imprescindible que la casa suministradora de las tuberías en fase de ejecución indique claramente cual sería el factor de corrección según el cálculo indicado.

No obstante, a falta de datos del fabricante pueden utilizarse el siguiente gráfico como referencia para la tubería de policloruro de vinilo orientado (PVC-O):



La presión de funcionamiento admisible la presión hidráulica máxima a la que deberá de someterse el tubo según la temperatura del agua, será la resultante de multiplicar la presión nominal por un factor de corrección, Fc, según el gráfico indicado anteriormente. Así, dicha presión se obtiene de la siguiente manera:

$$PFA = f_c \times PN$$

O, lo que es lo mismo, la presión nominal de la tubería deberá resultar de la presión máxima de trabajo de la tubería mayorada por el coeficiente correctror de temperatura:

$$PN = \frac{PFA}{f_c}$$

En este caso, por seguridad se considera que se pueden alcanzar, en la ubicación enterrada de la tubería, hasta los 30ºC aproximadamente, por lo que el factor de corrección es de **0,9.**

Además, y con el objetivo de dejar un margen del lado de la seguridad en la conducción, se considerará una sobrepresión adicional de 10 m.c.a (o 1 bar/atm) en la presión, por lo que la presión nominal, PN, definitiva considerada de diseño será:

$$PN(minimo) = \frac{PFA}{f_c} + 1$$

(PN en atm. o en bar.)

Se realizará este cálculo de diseño todo a lo largo de las conducciones.

3.3. Estudio de elementos especiales. Ventosas

3.3.1. Introducción

La presencia de cantidades de aire en los sistemas de abastecimiento de agua puede reducir su capacidad hidráulica y provocar problemas de roturas. Un exceso de aire en el sistema es la causa directa de la reducción de la capacidad de transporte pudiendo ocasionar errores en los elementos de medida del sistema. Hay casos en los que el aire no puede entrar en el sistema mientras éste se drena, lo que crea un vacío cuyo resultado puede ser el colapso y aplastamiento de las tuberías. Con una instalación adecuada de válvulas de aireación y purgadores se lleva a cabo el control del aire en la red de riego.

En los apartados siguientes se definirá la elección y los diámetros de las ventosas a disponer en toda la actuación.

La distancia máxima entre elementos de aireación en conducciones forzadas, impulsiones, no debe superar los 500m, distancia que cumplimos en la totalidad de casos.

Para el cálculo de las ventosas emplearemos el caudal de vaciado y el de llenado, y el del caso de una posible rotura.

3.3.2. Elección del tipo de ventosas

Los tipos de válvulas de aireación que se pueden encontrar en el mercado son los siguientes:

- Purgadores, permiten la eliminación de aire en presión en la conducción cuando está se carga. Es inútil durante el llenado y el vaciado. Se coloca asociado a las válvulas de aireación tradicionales
- Bifuncionales, realizan la doble función de inyectar aire en la tubería durante el vaciado de la misma y permitir la salida del aire cuando se proceda al llenado de la misma. Es una válvula de aireación inútil cuando la tubería está en carga.
- Válvulas de aireación trifuncionales, estas válvulas de aireación realizan las tres funciones, esto es: eliminación de aire durante el llenado; introducción de aire en desagües y depresiones por vaciados en el interior de la conducción, purga en funcionamiento a presión.
- Antivacío, permite la entrada de aire en grandes cantidades cuando se produce la depresión en la conducción por efecto del vaciado. Se coloca asociada bien a válvulas de aireación o purgadores. En casos en los que la válvula de aireación prevista en un determinado punto no sea suficiente para la capacidad de entrada de aire necesaria.

3.3.3. Elección de diámetros de ventosas

Los diámetros recomendados por la GUIA TECNICA SOBRE TUBERIA PARA EL TRANSPORTE DE AGUA A PRESIÓN, son los siguientes:

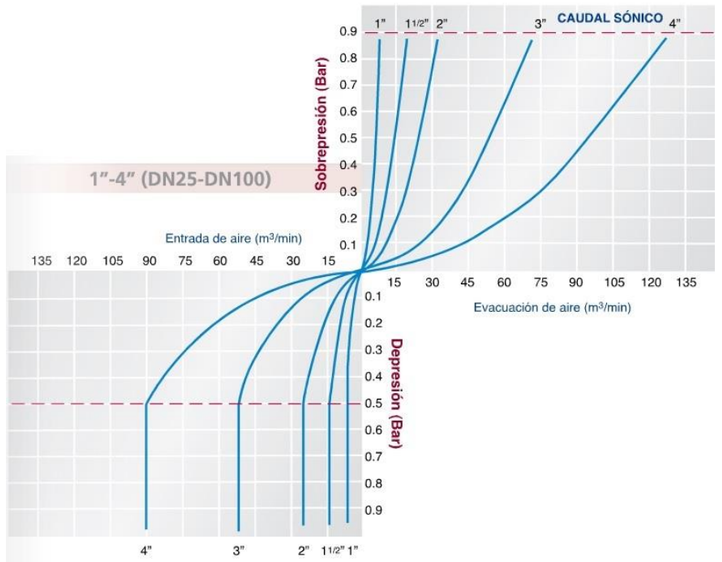
Tabla 59. Diámetros de las ventosas en función del tamaño de la tubería (normas técnicas del CYII)

Diámetro de la tubería (mm)	*Diámetro de la ventosa (mm)*
< 250	50, 60, 65
250 a 600	80, 100
600 a 900	125, 150
900 a 1.200	200
> 1.200	2 x 200

En concordancia con la tabla anterior, adoptaremos los siguiente valores para las ventosas:

- Para tubería DN250, el diámetro de la ventosa será de 80 mm
- Para tubería DN315, el diámetro de la ventosa será de 80 mm

Para la verificación de cuadales de admisión y expulsión de aire, como referencia, se empleará la siguiente imagen, correspondiente a la gráfica de de capacidad de admisión y evacuación de ventosas según sobrepresiones y depresiones (IRUA)



3.4. Estudio de elementos especiales. Desagües

3.4.1. Introducción

Los desagües, tendrán como única misión el permitir proceder al vaciado de la conducción, si fuese preciso. Consisten en una derivación con una válvula de corte que, salvo durante la operación de vaciado, se encontrará cerrada por lo que, su presencia, no influye en los posibles transitorios por maniobras de apertura y cierre. Para estimar o predimensionar el diámetro de la tubería de fondo, se empleará la tabla 60 de la GUIA TECNICA SOBRE TUBERIA PARA EL TRANSPORTE DE AGUA A PRESIÓN del CEDEX:

Tabla 60. Desagües de fondo. Diámetros (normas técnicas del CYII)

DN de la tubería	*DN del desagüe*
DN < 200	80
250 < DN < 350	100
400 < DN < 600	150
700 < DN < 1.000	200
1.200 < DN < 1.600	300
DN < 1.600	400

El diámetro adoptado es de **100 mm** para los desagües de fondo en el tramo 1, cuyo diámetro de conducción principal es de 250 mm, y de **150 mm** para los desagües de fondo de la tubería en el tramo 2, donde la conducción principal es de diámetro 400 mm.

A partir de aquí, se realizará la comprobación de cada desagüe a partir del teorema de Torricelli, teniendo en cuenta, por un lado, el tiempo requerido para el vaciado y, por otra parte, el máximo caudal a desaguar que no deberá superar al caudal de aire admisible por las ventosas, para asegurarnos de que no colapsará la conducción durante esta maniobra:

$$Q = S_c \times V_r = (S \times C_c) \times C_v \times \sqrt{2 \times g \times h'}$$

Siendo:

- Q = Volumen de fluido que pasa por el orificio en un determinado tiempo.
- Vr = Velocidad real media del fluido por una la sección contraída.
- S = Sección del orificio.
- Sc = Sección contraída del orificio.
- Cc = Coeficiente de contracción de la vena fluida a la salida del orificio.
- Cv = Coeficiente de velocidad. En aberturas de pared delgada se admite 0,95.
- Cd = Coeficiente de descarga. Numéricamente es: Cd = Cc · Cv
- h = Distancia desde la superficie del líquido al centro del orificio.
- h´= 30% del desnivel máximo.
- g = Aceleración de la gravedad, 9,81 m/s2.

El significado del coeficiente de contracción Cc radica en el cambio brusco de sentido que deben realizar las partículas de la pared interior próximas al orificio. Es la relación entre el área contraída y la del orificio y su valor suele estar en torno a 0,65.

4. DISEÑO DEL TRATAMIENTO DE DEPURACIÓN TERCIARIO

4.1. Filtro de discos

A continuación se presentan los criterios del dimensionamiento del filtro de discos:

- Caudal medio: 148,50 m^3/h
- Caudal punta máximo: 312,00 m^3/h
- Nº de máquinas: 1 ud.
- Caudal por máquina a caudal medio: 148,50 m^3/h
- Caudal por máquina a caudal punta: 312,00 m^3/h

- Aplicación: Tratamiento terciario EDAR urbana
- Origen/tipo del agua a tratar: Urbana
- Coagulación prevista antes del filtro: No
- Floculación prevista antes del filtro: No
- Decantación lamelar prevista antes del filtro: No
- Paso de la tela filtrante: 10 micras
- Concentración de S.S. a la entrada estimada : ≤ 35-40 mg/l
- Concentración de S.S. a la salida esperable*: ≤ 10 mg/l

**Sin un análisis de distribución de tamaño de partículas no se pueden garantizar los rendimientos*

- Velocidad de filtración a caudal medio: ≤ 7,00 m/h
- Velocidad de filtración a caudal punta: ≤ 7,00 m/h
- Superficie de filtración mínima requerida por máquina a caudal medio: 21,21 m^2
- Superficie de filtración mínima requerida por máquina a caudal punta: 44,57 m^2
- Superficie filtrante efectiva por disco: 5,57 m^2
- Nº de discos requeridos a caudal medio: 3,81 discos
- Nº de discos requeridos a caudal punta: 8,00 discos
- Nº de discos instalados: 10 discos
- Superficie unitaria resultante por máquina: 55,70 m^2
- Superficie filtrante total: 55,70 m^2

- Velocidad de filtración resultante a caudal medio: 2,67 m/h
- Velocidad de filtración resultante a caudal punta: 5,60 m/h

- Qmax punta admisible por máquina a la concentración de S.S. de entrada: 340,00 m^3/h
- Qmax de lavado de telas (1-3% Qmax) : 10,20 m^3/h
- Qmed de lavado de telas (1-3% Qmed): 4,46 m^3/h
- Q de filtrado producido: 329,80 m^3/h

4.2. Desinfección U.V.

A continuación se presentan los criterios del dimensionamiento del equipo de desinfección ultravioleta:

- Caudal punta de diseño: 312,00 m^3/h
- Transmitancia U.V.: 60% (mínima)
- TSS: 10 mg/l (máximo)
- Límite de desinfección: 100 EColi, percentil 90
- Dosis UV de diseño: 25 mJ/cm^2
- Dosis UV teórico: 75 mJ/cm^2

- Número de reactores: 1
- Número de lámparas por reactor: 32
- Potencia de lámpara/Potencia germicida: 250 W/125 W
- Potencia por reactor: 250 x 32 = 8 kW
- Potencia total: 8 kW
- Vida útil de la lámpara: 16.000 h. con control de dosis de 60 a 100%.
- Pérdida de carga teórica: 21 cm.
- Tipo de limpieza: automática.

5. DIMENSIONAMIENTO DEL TERCIARIO

5.1. Introducción

El tratamiento de regeneración de las aguas previamente depuradas del núcleo de Huércal-Overa, se ha planteado para la totalidad del caudal de diseño, que supone un volumen diario de 3.563,55 m3, y un caudal medio de 0,0412 m3/seg.

Se plantean las instalaciones una vez conectada a la arqueta de salida, del emisario terrestre, previa a su vertido al cauce público, mediante un bombeo que eleva el agua lo suficiente al equipo de tamizado para que los componentes posteriores, radiación Ultravioleta y vertido, se desarrollen por gravedad y sobre la rasante del propio edificio que lo aloja.

5.2. Cálculo de pérdidas de carga en las conducciones

A continuación, se calcula la pérdida de presión que sufre el fluido a lo largo de los diferentes tramos de tubería que conforman el circuito

Para el correcto dimensionamiento de los equipos, es necesario determinar previamente la línea piezométrica a lo largo de todo el recorrido. De tal forma que se sepa cuál es la presión para suministrar al flujo para que este supere la diferencia de cotas entre el punto inicial y final, más la suma de las pérdidas de carga localizadas y de las propias tuberías e instalaciones que integran el tratamiento. Este cálculo no solo afectará a la elección de equipos, como bombas o tuberías, sino que también influirá en las cotas de la lámina base de las instalaciones. Por tanto, condicionará la posición geométrica de las estructuras a añadir, que serán la impulsión, el equipo de tamizado y el proceso de Ultravioleta, previo a su vertido a cauce público.

En cuanto a la velocidad del fluido, que vendrá determinada por el caudal y la sección de la conducción elegida, la experiencia aconseja estar dentro de una determinada horquilla que varía según que fuente se consulte. De forma genérica se considera que la velocidad mínima tiene que ser del orden de 0,6 metros por segundo para evitar; Por un lado, que se produzca decantación de partículas sólidas que estén en suspensión y que conlleven cierto riesgo de obstrucción con el paso del tiempo y por otro, la elección de diámetros innecesariamente mayores a los requeridos, que se traducirá en un sobrecoste a todos los niveles. Por el contrario, velocidades excesivas conducen a mayores pérdidas de carga, golpes de ariete más fuertes y erosiones y ruidos en las tuberías. Aun así, a mayores diámetros, mayores velocidades se podrán soportar en las conducciones sin que aparezcan estos fenómenos contraproducentes. Por lo que las velocidades máximas aconsejadas pueden ir desde los 0,6 metros por segundo en tuberías de 50 milímetros de diámetro, hasta los 3 metros por segundo en conducciones de varios metros de diámetro.

Como resumen, y teniendo en cuenta los diferentes puntos de una conducción se puede reparar en la siguiente tabla, aplicable al agua residual depurada que se hará circular por el tratamiento terciario (líquido poco viscoso):

Tipo de flujo	Velocidad: m/seg.
Flujo por gravedad	0,15 – 0,30
Entrada a bomba	0,30 – 0,90
Salida de bomba	1,20 – 3,00
Línea de conducción	1,20 – 2,40

5.2.1. Elección de tuberías

Para la elección del tipo de tubería hay que partir escogiendo un material adecuado. Este tendrá que responder a las exigencias mecánicas de la presión interior, a los posibles ataques por la naturaleza química y biológica del agua y presentar diámetros comerciales que sean capaces de transportar los caudales de diseño a velocidades adecuadas. En el caso de la depuradora objeto de proyecto, el volumen de agua que circula por las conducciones es elevado si se compara con las tuberías habituales y de uso cotidiano. Es por eso que la mayoría de los polímeros que se suelen utilizar en estas tareas comunes, quedarán descartados para esta aplicación, entendemos que los materiales metálicos pueden ser la mejor de las soluciones

Además, la alta resistencia a la presión, la buena estanqueidad y la menor pérdida de carga que presentaría por su baja rugosidad hacen de este tipo de materiales una opción muy recomendable. Por todo esto, las tuberías serán de acero inoxidable sin recubrimiento. Para la definición final de estos elementos, hay que concretar el diámetro de estos. Y para ello, habrá que reparar en las consideraciones iniciales que se citaban en el apartado datos de partida, sobre las velocidades mínimas y máximas permitidas. Finalmente, los márgenes aproximados de referencia que se han tomado en cuanto a la celeridad del fluido en los conductos han sido de 0,6 metros por segundo, como mínimo, y 2,5 como máximo. (Considerando el tipo y las características de la instalación) Esto implica que, relacionando los términos anteriores a través de la fórmula que se presenta a continuación y teniendo en cuenta ambos extremos, se puedan calcular los diámetros mínimo y máximo:

$$Q = V \times S$$

Siendo

Q, caudal del fluido en m^3/s

V, la velocidad del fluido en m/s

S, la sección de la tubería en m^2

A pesar de que la velocidad mínima estipulada sería de 0,5 m/s, se considera que, por razones de funcionamiento óptimo en el tratamiento, una velocidad mínima adecuada es de 0,9 m/s. Para dicha velocidad estipulada

$$Q = V \times S \rightarrow S = \frac{Q}{V} = \frac{0{,}0412}{0{,}9} = 0{,}0458\ m^2$$

El diámetro mínimo para la conducción resulta:

$$S = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

De donde:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0{,}0485}{\pi}} = 0{,}241$$

Por consiguiente, el diámetro nominal considerado para discurrir por el tratamiento terciario es de **250 mm**.

5.2.2. Datos de las tuberías

Por tanto, la tubería que se utilizará tendrá las siguientes características:

- Material; Acero AISI-316 L
- Diametro (D): 250 mm
- Seccion: 0,0491 m2.
- Aspereza / coeficiente de rugosidad (e) :0,045
- Velocidad en la línea: 0,839 m/seg.

5.2.3. Pérdidas de carga (en línea y localizadas)

En las tuberías e instalaciones existen pérdidas de presión del fluido que se conduce. Debido a la fricción y oposición al paso que plantean diferentes elementos y/o equipos dispuestos en la red. Estas pérdidas de carga se suelen calcular y clasificar por tipos:

- *Pérdidas de carga continuas del conducto*

Estas pérdidas son denominadas pérdidas continuas ya que se producen por el rozamiento entre las paredes de la tubería y el fluido. Para el cálculo de este tipo de pérdidas de carga se utilizará una de las fórmulas más aceptadas en la hidráulica clásica. La de Darcy-Weisbach, que es la siguiente:

$$J_u = \frac{\Delta H_{cont}}{L} = f \times \frac{1}{2g} \times \frac{v^2}{D_{int}}$$

siendo:

J_u	Pérdida de carga continua por unidad de longitud (m/m).
ΔH_{cont}	Pérdida de carga continua (m).
L	Longitud de la conducción (m).
D_{int}	Diámetro interior de la conducción (m).
v	Velocidad del agua (m/s).
g	Aceleración de la gravedad (m/s^2).

f Coeficiente de pérdida de carga por unidad de longitud (o coeficiente de fricción de Darcy-Weisbach) (adimensional).

El cálculo del coeficiente de pérdida de carga por unidad de longitud, *f*, se realiza mediante la expresión de Colebrook-White (1.939), que es una fórmula de tipo implícito que requiere un proceso iterativo para su resolución:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log_{10}\left[\frac{K}{D \times 3{,}71} + \frac{2{,}51}{Re \times \sqrt{f}}\right]$$

dónde:

k Rugosidad hidráulica equivalente de Nikuradse de la tubería (m).

D_{int} Diámetro interior de la tubería (m).

Cabe destacar que al valor K/D se le denomina RUGOSIDAD RELATIVA.

R_e: Número de Reynolds (adimensional)

El valor del número de Reynolds, a su vez, se obtiene mediante la fórmula siguiente:

$$Re = \frac{v \times D_{int}}{v}$$

Donde

- v es la viscosidad cinemática del fluido.
- D_{int}, diámetro interior de la tubería
- *v*, Velocidad del agua (m/s).

En el caso del agua, y suponiendo que la temperatura de la misma va a ser de entre 10 y 20 grados, el valor de la viscosidad cinemática será $1{,}3 * 10^{-6}$ m2/s. Esta fórmula para obtener el factor de fricción solo es válida para flujos laminares, es decir, cuando el Número de Reynolds sea menor a 2000. Cuando el número de Reynolds sea > 4000, se determinará a través del ábaco de Moody, tratándolo como situación en régimen turbulento o bien la formulación anterior.

- *Pérdidas de carga localizadas*

Las pérdidas de carga localizadas son las que se dan de forma puntual en diferentes zonas concretas del circuito, debido a elementos singulares como pueden ser cambios de dirección mediante codos, embocaduras y desembocaduras, válvulas. Para el cálculo de la caída de presión debida a este tipo de fenómenos la expresión a utilizar es la siguiente:

$$\Delta H_{loc} = K \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

Dónde:

K = coeficiente adimensional de pérdida de carga característica de cada elemento singular.

v = velocidad del agua (m/s).

En el siguiente apartado se calcula la pérdida de presión que sufre el fluido a lo largo de los diferentes tramos de tubería que conforman el circuito.

5.3. Resultados de cálculo

Se tramificará el cálculo hidráulico de la conducción en el terciario desde el final hasta el principio. Los datos de partida son los siguientes:

PROYECTO:	TRATAMIENTO TERCIARIO E IMPULSIÓN A EMBALSE "E" HUÉRCAL-OVERA (ALMERÍA)

LINEA PIEZOMÉTRICA

	Unidades	VALORES Actual	
DATOS DE PARTIDA			
1.1 Cotas de referencia			
Cota máxima almacenamiento agua regenerada	msmn	203.90	
Cota mínima almacenamiento agua regenerada	msnm	200.50	<-- balsa sin cono depresión para salida efluente
Cota salida de bombeo	msnm	204.65	<- cota tramex + 0,20 m
Altura geométrica mínima	**m**	**0.75**	
Altura geométrica máxima	**m**	**4.15**	
Caudal de diseño	m3/d	3,563.55	
Caudal de diseño	m3/h	148.48	
Caudal de diseño	m3/s	0.04124	
Caudal de diseño	l/s	41.24	

5.3.1. Tramo 1: Salida a terciario a almcaneamiento agua regenerada.

PROYECTO:	TRATAMIENTO TERCIARIO E IMPULSIÓN A EMBALSE "E" HUÉRCAL-OVERA (ALMERÍA)

LINEA PIEZOMÉTRICA

-	Unidades		VALORES Actual
Salida terciario a almacenamiento agua regenerada			
Diametro conducción	mm		250
Diametro conducción	m		0.25
Material conducción			PEAD
Cota máxima almacenamiento	msnm		203.90
Cota mínima almacenamiento	msnm		200.50

PROYECTO:	TRATAMIENTO TERCIARIO E IMPULSIÓN A EMBALSE "E" HUÉRCAL-OVERA (ALMERÍA)

LINEA PIEZOMÉTRICA

-	Unidades		VALORES Actual	
Salida terciario a almacenamiento agua regenerada				
Longitud	m		39	
Caudal de diseño	m3/h		148.48	
Número de líneas	ud		1	
Horas de funcionamiento diarios	h/d		24	
Caudal de diseño unitario	m3/h		148.48	
Caudal de diseño unitario	m3/s		0.041244444	
Espesor medio de la tuberia	mm		14.8	
Diametro interior conducción	mm		220.4	
Diametro interior conducción	m		0.2204	
Rugosidad absoluta	mm		0.013	
Rugosidad relativa K/D			0.05898	
Velocidad en tubería por sección	m/s		1.0811	
Viscosidad cinemática del agua (a 20ºC)	m2/s		1.003E-06	
Número de Reynolds			237554.39	
Coeficiente de pérdida de carga por unidad de longitud (f)	m/m		0.0728	
Pérdida de carga continua (lineal) por unidad de longitud	m/m		0.00005857	
Pérdida de carga lineal en tramo de tubería	**m**		**0.0023**	
4.2.1 Pérdidas puntuales de carga en tramo				
Coeficiente de pérdida de carga K				
Entrada de tubería a depósito		1	0.90	0.9
Codo 45º		2	0.8	0.4
Codo 22.5		1	0.25	0.25
Té 90º		1	1.1	1.1
Total coeficiente de pérdidas de carga K			3.05	
Pérdida de carga puntual en tramo de tubería	**m**		**0.1817**	
PÉRDIDAS DE CARGA TOTALES EN TRAMO (puntuales + continuas)	**m**		**0.1840**	

ITERACIONES de f (Actual)	
f (para interar)	**Resultado de f**
0,1	0,072818461
0,05	0,072856706
0,07	0,072836488
0,073	0,072834197
0,0728	0,072834345

5.3.2. Tramo 2: Tramo desinfección U.V.

PROYECTO:	**TRATAMIENTO TERCIARIO E IMPULSIÓN A EMBALSE "E" HUÉRCAL-OVERA (ALMERÍA)**		
LINEA PIEZOMÉTRICA			
-	**Unidades**		**VALORES** **Actual**
Tramo UV			
Diametro conducción	mm		250
Diametro conducción	m		0.25
Material conducción			Acero
Cota máxima almacenamiento	msnm		203.9
Cota mínima almacenamiento	msnm		200.2
Longitud	m		24
Caudal de diseño	m3/h		148.48
Número de líneas	ud		1
Horas de funcionamiento diarios	h/d		25
Caudal de diseño unitario	m3/h		142.54
Caudal de diseño unitario	m3/s		0.039594444
Espesor medio de la tuberia	mm		3
Diametro interior conducción	mm		244
Diametro interior conducción	m		0.244
Rugosidad absoluta	mm		0.03
Rugosidad relativa K/D			0.12295
Velocidad en tubería por sección	m/s		0.8468
Viscosidad cinemática del agua (a 20ºC)	m2/s		1.003E-06
Número de Reynolds			205993.55
Coeficiente de pérdida de carga por unidad de longitud (f)	m/m		0.114
Pérdida de carga continua (lineal) por unidad de longitud	m/m		0.00035998
Pérdida de carga lineal en tramo de tubería	**m**		**0.0086**
4.2.1 Pérdidas puntuales de carga en tramo			
Coeficiente de pérdida de carga K			
Embocadura y desembocadura		4	4.00
Codo 90º		4	3.00
Té 90º		5	3.75
Equipo de medida		1	0.10
Total coeficiente de pérdidas de carga K			10.85
Pérdida de carga puntual en tramo de tubería	**m**		**0.3965**
Pérdida de carga puntual por equipo U.V.	**m**	**1**	**0.2100**
Pérdidas de carga puntuales	**m**		**0.6065**
PÉRDIDAS DE CARGA TOTALES EN TRAMO (puntuales + continuas)	**m**		**0.6141**

PROYECTO:	**TRATAMIENTO TERCIARIO E IMPULSIÓN A EMBALSE "E" HUÉRCAL-OVERA (ALMERÍA)**			
LINEA PIEZOMÉTRICA				
-	**Unidades**		**VALORES** **Actual**	
Tramo UV				
Número de Reynolds			205993.55	
Coeficiente de pérdida de carga por unidad de longitud (f)	m/m		0.114	
Pérdida de carga continua (lineal) por unidad de longitud	m/m		0.00035998	
Pérdida de carga lineal en tramo de tubería	**m**		**0.0086**	
4.2.1 Pérdidas puntuales de carga en tramo				
Coeficiente de pérdida de carga K				
Embocadura y desembocadura		4	4.00	1
Codo 90º		4	3.00	0.75
Té 90º		5	3.75	0.75
Equipo de medida		1	0.10	0.1
Total coeficiente de pérdidas de carga K			10.85	
Pérdida de carga puntual en tramo de tubería	**m**		**0.3965**	
Pérdida de carga puntual por equipo U.V.	**m**	**1**	**0.2100**	0.21
Pérdidas de carga puntuales	**m**		**0.6065**	
PÉRDIDAS DE CARGA TOTALES EN TRAMO (puntuales + continuas)	**m**		**0.6141**	

ITERACIONES de f (Actual)	
f (para interar)	**Resultado de f**
0.05	0.114299776
0.15	0.114253199
0.11	0.114263872
0.115	0.114262239
0.114	0.114262557

5.3.3. Tramo 3: Filtro discos

PROYECTO:	TRATAMIENTO TERCIARIO E IMPULSIÓN A EMBALSE "E" HUÉRCAL-OVERA (ALMERÍA)			
LINEA PIEZOMÉTRICA				
-	**Unidades**		**VALORES** **Actual**	
Tramo Filtro				
Diametro conducción	mm		250	
Diametro conducción	m		0.25	
Material conducción			Acero	
Cota máxima almacenamiento	msnm		203.9	
Cota mínima almacenamiento	msnm		200.2	
Longitud	m		21	
Caudal de diseño	m3/h		148.48	
Número de líneas	ud		1	
Horas de funcionamiento diarios	h/d		24	
Caudal de diseño unitario	m3/h		148.48	
Caudal de diseño unitario	m3/s		0.041244444	
Espesor medio de la tuberia	mm		3	
Diametro interior conducción	mm		244	
Diametro interior conducción	m		0.244	
Rugosidad absoluta	mm		0.03	
Rugosidad relativa K/D			0.12295	
Velocidad en tubería por sección	m/s		0.8821	
Viscosidad cinemática del agua (a 20ºC)	m2/s		1.003E-06	
Número de Reynolds			214577.81	
Coeficiente de pérdida de carga por unidad de longitud (f)	m/m		0.1140	
Pérdida de carga continua (lineal) por unidad de longitud	m/m		0.00035998	
Pérdida de carga lineal en tramo de tubería	**m**		**0.0076**	
4.2.1 Pérdidas puntuales de carga en tramo				
Coeficiente de pérdida de carga K				
Codo 90º		2	1.50	0.75
Total coeficiente de pérdidas de carga K			1.50	
Pérdida de carga puntual en tramo de tubería	**m**		**0.0595**	
Pérdida de carga puntual por equipo filtro	**m**	**1**	**0.3500**	0.35
Pérdidas de carga puntuales	**m**		**0.4095**	
PÉRDIDAS DE CARGA TOTALES EN TRAMO (puntuales + continuas)	**m**		**0.4170**	

ITERACIONES de f (Actual)	
f (para interar)	Resultado de f
0.05	0.114299776
0.15	0.114253199
0.11	0.114263872
0.115	0.114262239
0.114	0.114262557

5.3.4. Tramo 4: Desde colector de reunión de bombeo a filtro

PROYECTO:	TRATAMIENTO TERCIARIO E IMPULSIÓN A EMBALSE "E" HUÉRCAL-OVERA (ALMERÍA)		
LINEA PIEZOMÉTRICA			
-	**Unidades**		**VALORES** **Actual**
Tramo Colector a filtro			
Diametro conducción	mm		250
Diametro conducción	m		0.25
Material conducción			Acero
Cota máxima almacenamiento	msnm		203.9
Cota mínima almacenamiento	msnm		200.2
Longitud	m		24
Caudal de diseño	m3/h		148.48
Número de líneas	ud		1
Horas de funcionamiento diarios	h/d		24
Caudal de diseño unitario	m3/h		148.48
Caudal de diseño unitario	m3/s		0.041244444
Espesor medio de la tuberia	mm		3
Diametro interior conducción	mm		244
Diametro interior conducción	m		0.244
Rugosidad absoluta	mm		0.03
Rugosidad relativa K/D			0.12295
Velocidad en tubería por sección	m/s		0.8821

PROYECTO:	TRATAMIENTO TERCIARIO E IMPULSIÓN A EMBALSE "E" HUÉRCAL-OVERA (ALMERÍA)

LINEA PIEZOMÉTRICA

-	Unidades		VALORES Actual	
Tramo Colector a filtro				
Viscosidad cinemática del agua (a 20ºC)	m2/s		1.003E-06	
Número de Reynolds			214577.81	
Coeficiente de pérdida de carga por unidad de longitud (f)	m/m		0.114	
Pérdida de carga continua (lineal) por unidad de longitud	m/m		0.00035998	
Pérdida de carga lineal en tramo de tubería	**m**		**0.0086**	
4.2.1 Pérdidas puntuales de carga en tramo				
Coeficiente de pérdida de carga K				
Embocadura y desembocadura		2	2.00	1
Codo 90º		2	1.50	0.75
Equipo de medida		1	0.10	0.1
Total coeficiente de pérdidas de carga K			3.60	
Pérdida de carga puntual en tramo de tubería	**m**		**0.1428**	
Pérdidas de carga puntuales	**m**		**0.1428**	
PÉRDIDAS DE CARGA TOTALES EN TRAMO (puntuales + continuas)	**m**		**0.1514**	

ITERACIONES de f (Actual)	
f (para interar)	**Resultado de f**
0.05	0.114299776
0.15	0.114253199
0.11	0.114263872
0.115	0.114262239
0.114	0.114262557

5.3.5. Tramo 5: Desde bombeo hasta colector de reunión:

PROYECTO:	TRATAMIENTO TERCIARIO E IMPULSIÓN A EMBALSE "E" HUÉRCAL-OVERA (ALMERÍA)

LINEA PIEZOMÉTRICA

-	Unidades		VALORES Actual	
Tramo Bombeo				
Diametro conducción	mm		150	
Diametro conducción	m		0.15	
Material conducción			Acero	
Cota máxima almacenamiento	msnm		203.9	
Cota mínima almacenamiento	msnm		200.2	
Longitud	m		10	
Caudal de diseño	m3/h		148.48	
Número de líneas	ud		2	
Horas de funcionamiento diarios	h/d		24	
Caudal de diseño unitario	m3/h		74.24	
Caudal de diseño unitario	m3/s		0.020622222	
Espesor medio de la tuberia	mm		3	
Diametro interior conducción	mm		144	
Diametro interior conducción	m		0.144	
Rugosidad absoluta	mm		0.03	
Rugosidad relativa K/D			0.20833	
Velocidad en tubería por sección	m/s		1.2663	
Viscosidad cinemática del agua (a 20ºC)	m2/s		1.003E-06	
Número de Reynolds			181795.09	
Coeficiente de pérdida de carga por unidad de longitud (f)	m/m		0.114	
Pérdida de carga continua (lineal) por unidad de longitud	m/m		0.00175130	
Pérdida de carga lineal en tramo de tubería	**m**		**0.0175**	
4.2.1 Pérdidas puntuales de carga en tramo				
Coeficiente de pérdida de carga K				
Embocadura y desembocadura		2	2.00	1
Codo 90º		1	0.75	0.75
Válvula de retención		1	2.00	2
Válvula de mariposa		1	0.10	0.1
carrete de desmontaje		1	0.05	0.05

PROYECTO:	TRATAMIENTO TERCIARIO E IMPULSIÓN A EMBALSE "E" HUÉRCAL-OVERA (ALMERÍA)			
LINEA PIEZOMÉTRICA				
-	**Unidades**		**VALORES** **Actual**	
Tramo Bombeo				
Té 90º		1	0.75	0.75
Puesta en carga		1	0.50	0.5
Total coeficiente de pérdidas de carga K			6.15	
Pérdida de carga puntual en tramo de tubería	**m**		**0.5026**	
Pérdidas de carga puntuales	**m**		**0.5026**	
PÉRDIDAS DE CARGA TOTALES EN TRAMO (puntuales + continuas)	**m**		**0.5201**	

ALTURA GEOMÉTRICA MÁXIMA		**4.15**	
ALTURA GEOMÉTRICA MÍNIMA		**0.75**	
PÉRDIDAS DE CARGA	TRAMO SALIDA A ALMACENAMIENTO	**0.184**	
	TRAMO UV	**0.6141**	
	TRAMO FILTRO	**0.417**	
	TRAMO COLECTOR A FILTRO	**0.1514**	**TOTAL PÉRDIDAS DE CARGA**
	TRAMO SALIDA BOMBA	**0.5201**	**1.8866**
ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA		**6.04**	
ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA		**2.64**	

El total de la altura manométrica máxima de cálculo para el terciario es de 6,04 metros. No obstante, y debido a la incertidumbre de las pérdidas de carga de los equipos (que variarán según los modelos adquiridos en fase de obra, etc.), se establecerá un valor de altura manométrica del terciario de 7,00 metros de columna de agua (m.c.a).

6. ANÁLISIS IMPULSIÓN - EN RÉGIMEN PERMANENTE Y TRANSITORIO.

En este apartado se realiza el análisis de los tramos hidráulicos objeto de estudio en el presente proyecto:

- Tramo 1: Estación Depuradora de Aguas Residuales Huércal-Overa – Bombeo Intermedio (Huerto Solar)

- Tramo 2: Bombeo Intermedio (Huerto Solar) – Embalse “E”

6.1. Tramo 1: EDAR – Bombeo intermedio

6.1.1. Datos de partida:

Los datos de partida del tramo comprendido entre la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Huércal-Overa y el punto de bombeo intermedio, que se encuentra en la parcela donde se ubica el huerto solar y el depósito intermedio:

- Longitud: 6.499,13 m.
- Caudal diario: 3.563,55 m3/día
- Cota inicial: 199,8 m
- Cota final: 342,81 m
- Tiempo de funcionamiento de las bombas: 16 horas al día

6.1.2. Predimensionamiento de la tubería:

En primer lugar, es necesario calcular el caudal de impulsión, que resultará, para un caudal diario requerido de 3.563,55 m3/día y un tiempo de funcionamiento de 16 horas, de la siguiente manera:

$$Q = \frac{Q_d}{T_f(s)} = \frac{3563{,}55}{(16 \times 60 \times 60)} = 0{,}06187\ \frac{m^3}{s}$$

En base a la formulación establecida en el apartado 2.3.1, y a un valor de Manning estipulado en el apartado de obtenemos los valores siguientes de diámetro interior mínimo (en m.):

FORMULA DE BRESSE	FORMULA DE WEYRAUCH	FÓRMULA PONDERADA	FÓRMULA DACACH	FÓRMULA MOUGNIE
0,3731	0,2587	0,2288	0,2573	0,2304

La fórmula que tiene en cuenta el tipo de material y la rugosidad es la fórmula de Mougnie. Si aplicamos este valor y nos remitimos a la tabla de obtención de diámetros, y en base a una hipótesis de presión nominal de 16 atm. (luego se verificará si es adecuado o no):

La tubería predimensionada para el primer tramo de la impulsión es de **Policloruro de Vinilo orientado (PVC-O)** de diámetro nominal **DN250.**

PRESIÓN NOMINAL (bar)			PN12,5		PN16		PN20		PN25	
Diametro Nominal (DN)	Diámetro exterior (Dext)		Diametro Interior (DN)	Espesor Nominal (e)	Diametro Interior (DN)	Espesor Nominal (e)	Diametro Interior (DN)	Espesor Nominal (e)	Diametro Interior (DN)	Espesor Nominal (e)
mm	min (mm)	max (mm)	med (mm)	min (mm)	med (mm)	min (mm)	med (mm)	min (mm)	med (mm)	min (mm)
90	90,0	90,3			84,0	2,0	84,0	2,5	82,2	3,1
110	110,0	110,4	104,4	2,2	104,0	2,4	103,2	3,1	101,4	3,8
125	125,0	125,4	118,8	2,5	117,8	2,8	117,0	3,5	115,2	4,3
140	140,0	140,5	133,0	2,8	132,4	3,1	131,2	3,9	129,2	4,8
160	160,0	160,5	152,0	3,2	151,4	3,5	150,0	4,4	147,6	5,5
200	200,0	200,6	190,0	4,0	189,2	4,4	187,4	5,5	184,4	6,9
225	225,0	225,7	213,6	4,5	212,8	5,0	210,8	6,2	207,4	7,7
250	250,0	250,8	237,4	5,0	236,4	5,5	234,2	6,9	230,6	8,6
315	315,0	316,0	299,2	6,3	298,0	3,9	295,2	8,7	290,6	10,8
355	355,0	356,1	337,4	7,1	336,0	7,8	332,4	9,8	327,2	12,2
400	400,0	401,2	379,8	8,0	378,4	8,8	374,8	11,0	369,0	13,7
450	450,0	451,4	427,6	8,9	426,0	9,9	421,4	12,4	415,0	15,4
500	500,0	501,5	474,6	9,9	472,8	11,0	468,6	13,7	461,2	17,1
630	630,0	631,9	597,8	12,6	595,8	13,8	590,4	17,3	581,0	21,6
710	710,0	712,0	674,8	14,2	671,4	15,4	665,6	19,2	654,6	24,4
800	800,0	802,0	760,4	16,3	757,8	17,4	750,4	21,6		

Las características de la tubería seleccionada, entonces, son las que se indican a continuación:

- Material: PVC-O
- Diámetro nominal: 250 mm
- Diámetro interior (para e_{min}): 232,8 mm
- Diámetro interior medio: 230,6 mm
- Espesor medio: 9,7 mm
- Espesor mínimo: 8,6 mm.
- Rugosidad: k = 0,025
- Coeficiente o valor de rugosidad de Manning: n = 0,007
- Sección: S = 0,0418 m2

DATOS DE LA INSTALACIÓN			v (m/s)
Caudal (Q)	61.87	l/s	1.48
Diámetro interior (D)	0.2306	m	
Material conducción	PE, PVC		
Longitud tubería	6499.13	m	
Cota ref. salida	199.8	msnm	
Cota ref. llegada	342.81	msnm	
Altura geométrica (Hg)	**143.01**	**msnm**	

DATOS DE LA INSTALACIÓN		
Caudal (Q)	61,87	l/s
Diámetro interior (D)	0,2306	m
Rugosidad (ε)	0,0015	mm
C de H-W	145	
Longitud tubería	6499,13	m

DATOS DEL FLUÍDO		
Densidad (ρ)	1000	kg/m^3
Viscosidad dinámica (μ)	0,001102	Pa·S

RESULTADOS HIDRÁULICOS		
Velocidad (v)	1,481	m/s
Número Reynolds (Re)	309991,18	
Régimen	TURBULENTO	

6.1.3. Características del fluido en el tramo:

En primer lugar, hay que considerar la viscosidad cinemática del agua a una temperatura ambiente, considerada de 20ºC. En ese caso, la viscosidad cinemática resulta:

$$v = 1{,}102 \times 10^{-6}\ \frac{m^2}{s}$$

Por su parte, conociendo el diámetro interior del tubo, podemos calcular la velocidad del fluido:

$$v = \frac{Q}{A}$$

Sabiendo que la sección del tubo es de 0,0449 m2 y el caudal de cálculo 0,0619, obtenemos:

$$v = \frac{0{,}06187}{0{,}0418} = 1{,}481\ \frac{m}{s}$$

A partir de aquí, obtenemos el número de Reynolds como:

$$Re = \frac{v \times D_{int}}{v} = \frac{1{,}48 \times 0{,}2306}{1{,}102 \times 10^{-6}} = 309.991{,}18 = 3{,}10 \times 10^5$$

6.1.4. Cálculo de pérdida de cargas continuas:

En primer lugar, vamos a calcular la rugosidad relativa k/D (según algunas publicaciones también se escribe como ε/D), a partir de una rugosidad absoluta considerada en el apartado 2.3 de **0,025 mm.**

La rugosidad relativa (adimensional) resulta:

$$\frac{k}{D} = \frac{0{,}0025}{236{,}4} = 0{,}000106 = 1{,}06 \times 10^{-4}$$

Con el número de Reynolds, que resulta, del párrafo anterior, con un valor de 3,35x10^5.

Método gráfico:

A partir de los datos obtenidos, se puede especificar el valor del factor de fricción por el ábaco (o diagrama de Moody):

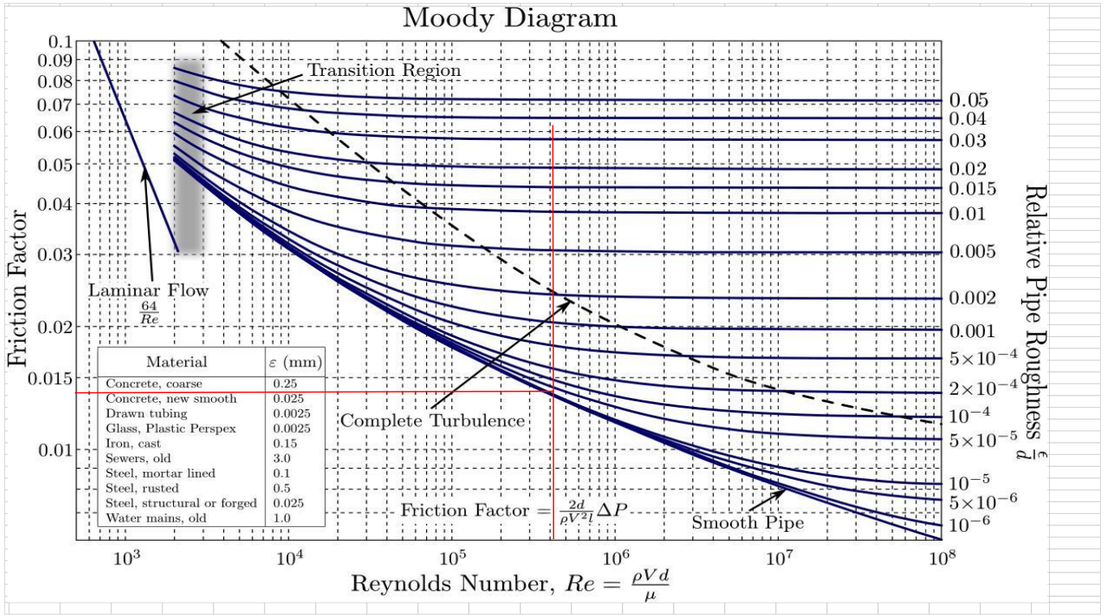


Tabla 1. Método gráfico para cálculo de factor de fricción (Tramo 1)

Podemos observar que el valor obtenido para el factor de fricción es 0,0143 (de forma aproximada).

Método analítico:

En este caso se trata de aplicar la fórmula de Colebrook

$$f = \frac{0{,}25}{\left[\log_{10}\left(\frac{K}{3{,}71\times D_{int}} + \frac{2{,}51}{Re\times\sqrt{f}}\right)\right]^2}$$

Al ser f una incógnita de la propia ecuación de Colebrook, se va a resolver mediante iteraciones sucesivas. A continuación se muestran las iteraciones sucesivas

›nes)	Fórmula Colebrook
0,01	**0,01505**
0,02	**0,01403**
0,015	**0,01444**
0,0145	**0,01449**
0,014	**0,01454**
0,0145	**0,01449**
0,0145	**0,01449**
0,0145	**0,01449**
0,0145	**0,01449**
0,0145	**0,01449**

En definitiva, obtenemos un valor del factor de fricción f de **0,0145**. Se puede observar que la aproximación gráfica realizada es bastante fiable.

A continuación, se calcula el valor de la pérdida de carga continua a partir de la fórmula indicada en el apartado 2.3.1:

$$\Delta H_{cont} = L \times f \times \frac{1}{2g} \times \frac{v^2}{D_{int}}$$

La pérdida hidráulica i por unidad de longitud (o pendiente hidráulica), es decir, sin considerar la longitud, resulta:

$$i_{cont} = f \times \frac{1}{2g} \times \frac{v^2}{D_{int}} = 0{,}0145 \times \frac{1}{2 \times 9{,}81} \times \frac{1{,}481^2}{0{,}2306} = 0{,}007072\ m/m$$

Para una longitud del tramo de 6.194,18 metros de tubería, obtenemos el siguiente valor:

$$\Delta H_{cont} = 6499{,}13 \times 0{,}007203 = 6499{,}13 \times 0{,}01543 \times \frac{1}{2 \times 9{,}81} \times \frac{1{,}481^2}{0{,}2306} = 45{,}15\ m$$

$$\Delta H_{cont} = 45,15\ m$$

PÉRDIDAS DE CARGA LINEALES POR COLEBROOK-WHITE	
Coeficiente de fricción (f)	0.0145
Pendiente hidráulica i (m/m)	**0.006768**
Pérdidas de carga lineales instalación (m)	**45.15**

6.1.5. Cálculo de pérdida de cargas localizadas:

Para el cálculo de pérdidas localizadas, en primer lugar se hará un resumen de los elementos o accesorios que se encuentran en el tramo desde el bombeo hasta el huerto solar. Para ello, se consideran estos valores de K:

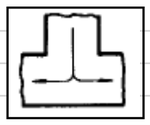
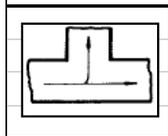
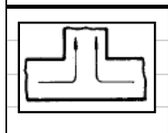
Para codos:

ϴ	Coef K
11,25	0,045
15	0,06
22,5	0,15
30	0,16
45	0,32
60	0,7
90	1,26

Para válvulas:

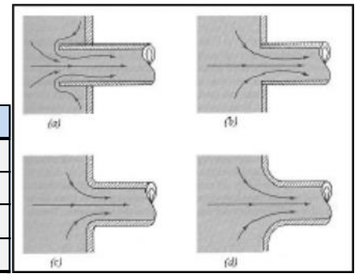
	Coef K
Válvula ángulo recto abierta 100%	2
Válvula ángulo recto abierta 75%	2
Válvula ángulo recto abierta 50%	3
Válvula ángulo recto abierta 25%	6
Válvula globo abierta 100%	4
Válvula globo abierta 75%	4
Válvula globo abierta 50%	6
Válvula globo abierta 25%	15
Válvula retención	2
Válvula compuerta abierta 100%	0,2
Válvula compuerta abierta 75%	1,15
Válvula compuerta abierta 50%	5,6
Válvula compuerta abierta 25%	24
Válvula mariposa abierta 100%	0,4
Válvula mariposa abierta 75%	1
Válvula mariposa abierta 50%	13
Válvula mariposa abierta 25%	120

Para Tés y cambios de dirección

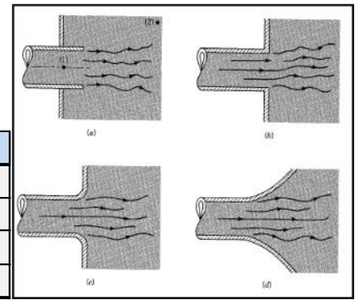
	Coef K
	1,5
	2
	3

Para entrada y salida de la tubería

	ENTRADA A LA TUBERÍA	Coef K
a)	Tipo entrante	0,8
b)	Tipo arista viva	0,5
c)	Tipo arista poco redondeada	0,2
d)	Tipo arista muy redondeada	0,04



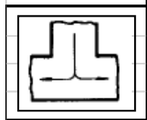
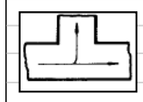
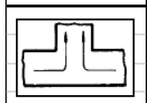
	SALIDA DE LA TUBERÍA	Coef K
a)	Tipo entrante	1
b)	Tipo arista viva	1
c)	Tipo arista poco redondeada	1
d)	Tipo arista muy redondeada	1



No se consideran en este cálculo ni cambios de sección ni radios de curvatura que se asumen en codos.

A partir de la geometría del tramo, se puede considerar que el valor de las perdidas se resume en la tabla siguiente:

ϴ	Coef K	Unidades	Pérdida
11,25	0,045	30	0,15100037
15	0,06	18	0,1208003
22,5	0,15	20	0,33555639
30	0,16	14	0,25054877
45	0,32	29	1,03798776
60	0,7	8	0,62637192
90	1,26	4	0,56373473
		TOTAL	3,0860002

	Coef K	Unidades	Pérdida
	1,5	0	0
	2	9	2,01333832
	3	0	0
		TOTAL	2,013338

	Coef K	Unidades	Pérdida
Válvula ángulo recto abierta 100%	2	0	0
Válvula ángulo recto abierta 75%	2	0	0
Válvula ángulo recto abierta 50%	3	0	0
Válvula ángulo recto abierta 25%	6	0	0
Válvula globo abierta 100%	4	0	0
Válvula globo abierta 75%	4	0	0
Válvula globo abierta 50%	6	0	0
Válvula globo abierta 25%	15	0	0
Válvula retención	2	2	0,44740852
Válvula compuerta abierta 100%	0,2	1	0,02237043
Válvula compuerta abierta 75%	1,15	0	0
Válvula compuerta abierta 50%	5,6	0	0
Válvula compuerta abierta 25%	24	0	0
Válvula mariposa abierta 100%	0,4	1	0,04474085
Válvula mariposa abierta 75%	1	0	0
Válvula mariposa abierta 50%	13	0	0
Válvula mariposa abierta 25%	120	0	0
		TOTAL	0,51452

	ENTRADA A LA TUBERÍA	Coef K	Unidades	Pérdida
a)	Tipo entrante	0,8	0	0
b)	Tipo arista viva	0,5	1	0,05592606
c)	Tipo arista poco redondeada	0,2	0	0
d)	Tipo arista muy redondeada	0,04	0	0
			TOTAL	0,0559261

Cambio sección	D (mm)	d (mm)	v (m/s)	ϴ	Coef K	Ud	Pérdida
Expansión	80	150	3.50113	6	0.27	1	0.16869
							0
							0
							0
							0
							0
							0
							0
							0
						TOTAL	0.1687

En definitiva:

DATOS DE LA INSTALACIÓN	
Caudal	61.87
Diámetro int.	230.6
VELOCIDAD DE FLUIDO	
1.48	m/s
TÉRMINO CINÉTICO	
0.11	m
Elementos	**h_l (m)**
Entrada	0.055926064
Salida	0.111852129
Codos	3.086000236
Radios	0
Tes	2.01333832
Válvulas	0.514519793
Cambio suave secc.	0.168686448
Cambio brusco secc.	0
h_l TOTAL (m)	**5.95032299**

El valor ponderado del sumatorio de todos los coeficientes K de cada elemento por la cantidad de los mismos resulta:

$$K = \sum_{i=0}^{n} [K_i \times N_i]$$

De donde

$$\Delta H_{loc} = \sum_{i=0}^{n} [K_i \times N_i] \times \frac{v^2}{2 \times g} = 5{,}95\ m$$

A partir de estos valores podemos calcular la altura manométrica de la impulsión:

$$H_{man} = \Delta h + \Delta H_{cont} + \Delta H_{loc}$$

De donde:

$$H_{man} = (342{,}81 - 199{,}8) + 45{,}15 + 5{,}95$$

$$\boldsymbol{H_{man} = 194{,}11\ m}$$

6.1.6. Cálculo del golpe de ariete:

En primer lugar se procede a calcular el tiempo de para por cierre de las bombas, según la formulación de Mendiluce:

$$T = C + \frac{K \times L \times V}{g \times H_{man}}$$

Con los siguientes parámetro C y K:

p_{man}	≤0,20	0,25	0,30	0,35	≥0,40
C	1	0,8	0,5	0,4	0,4

La pendiente manométrica resultaría de dividir la altura manométrica, obtenida en el apartado anterior, de la longitud total de la impulsión, resultando:

$$P_{man}(\%) = \frac{194{,}11}{6.499{,}13} = 0{,}0299 = 2{,}99\%$$

Como P = 0,030 < 0,2m entonces **el coeficiente C es 1**

L (m)	<500	500	1000	1500	>1500
K	2	1,75	1,5	1,25	1

La longitud total del tramo de impulsión es de 6.499,13 metros, superior a 1.500 metros. Por consiguiente, **el valor del coeficiente K es 1**

El resto de los valores es conocido, por lo que sustituimos en la fórmula de Mendiluce:

$$T = 1{,}0 + \frac{1{,}0 \times 6.499{,}13 \times 1{,}48}{9{,}81 \times 194{,}11}$$

$$T = 6{,}05\ s.$$

En cuanto a la celeridad de las ondas (a), según su fórmula:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K_c \times \frac{D_m}{e}}}$$

Con

$$K_c = \frac{10^{10}}{E}$$

Tenemos:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + \frac{10^{10}}{4{,}0\times10^{8}} \times \frac{236{,}4}{7{,}9}}} = 330{,}58\ m/s$$

A partir de aquí podemos calcular la longitud crítica:

$$L_{crit} = \frac{a \times T}{2} = \frac{330{,}58 \times 6{,}06}{2} = 1001{,}66\ m.$$

Si miramos el tiempo de la frecuencia de propagación de la onda a presión (2L/a), obtenemos:

$$T_{fp} = \frac{2 \times L}{a} = \frac{2 \times 6499{,}13}{330{,}58} = 39{,}32\ s$$

Se puede observar que el tiempo de frecuencia de propagación de la onda a presión, de 39,32 segundos, es superior al tiempo de parada de agua (o de cierre de las bombas), de 6,05 segundos, correspondiente a un cierre rápido. Se puede también observar fácilmente la longitud total del tramo de impulsión (6499,13 m.) es mucho mayor que la longitud crítica (1001,66 m.), por consiguiente, nos encontramos en una situación de conducciones largas y se empleará la fórmula **de ALLIEVI**:

$$\Delta P = \pm \frac{a \times v}{g}$$

$$\Delta P = \pm \frac{330{,}58 \times 1{,}48}{9{,}81}$$

$$\boldsymbol{\Delta P = \pm 49{,}87\ mca}$$

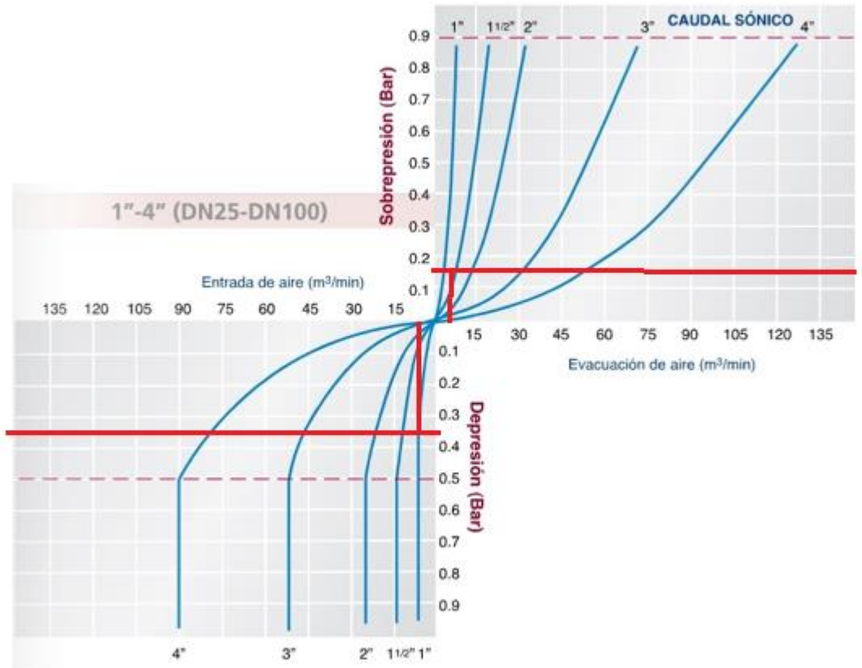
6.1.7. Determinación de ventosas

Para la elección de ventosa, se considera las siguientes consideraciones:

Presión máxima de adminisión (o entrada) de aire: 3,5 mca

Presión máxima de expulsión (o salida) de aire: 1,5 mca

Para un caudal de 61,72 l/s, en previsión a un aumento de la instalación en la que se requiera bombear en 5 horas el caudal requerido, se corresponde a un caudal de 3,71 m3/min, que se considera igual, en conducciones a presión, para vaciado y llenado, por consiguiente:

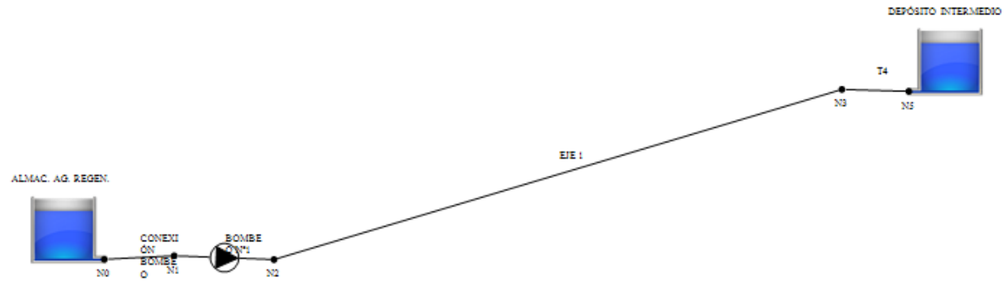


Según la tabla adjunta, valdría una ventosa DN50 para poder cumplir con las presiones indicadas. No obstante, y cumpliendo con las tablas recomendadas por el CEDEX y el CANAL de ISABEL II, se considera una ventosa de DN80.

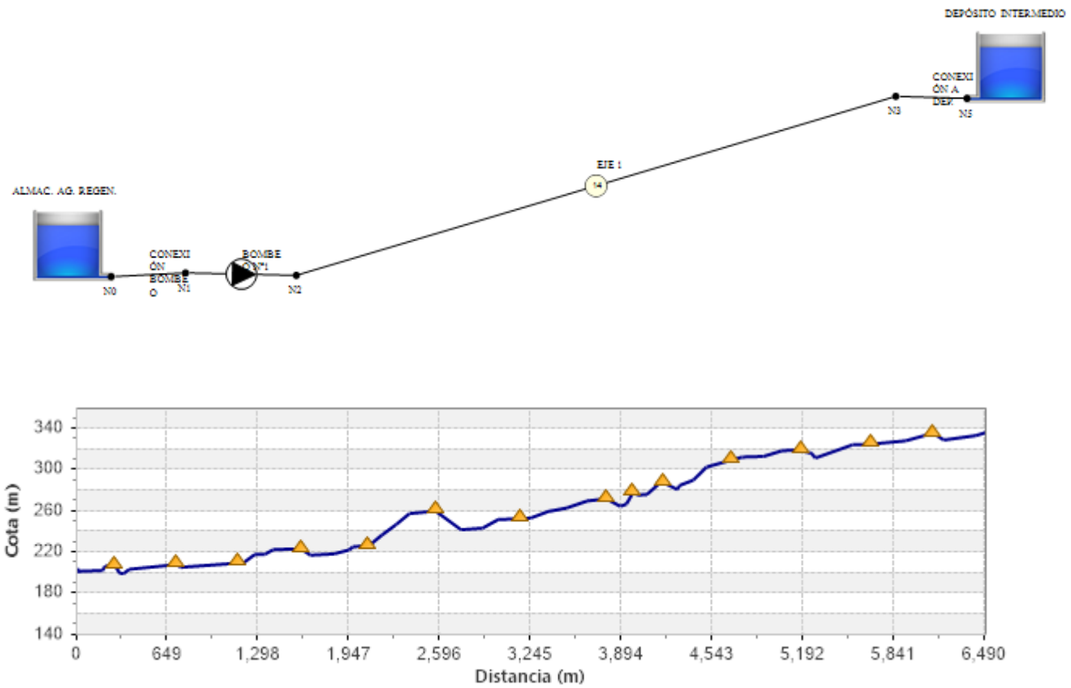
6.1.8. Línea piezométrica y diseño de presiones. Introducción

Para el diseño de la línea piezométrica y el diseño de presiones, se tendrá en cuenta todo lo considerado anteriormente, tanto en alturas manométricas como la caracterización geométrica de la bomba. Para su verificación, se van a establecer 2 escenarios, que se calcularán con el software Allievi:

- ESCENARIO 1: Tramo sin ningún elemento (ventosas, anticipadora de onda, etc.)



- ESCENARIO 2: Tramo con ventosas



Estos 2 escenarios se calcularán para régimen permanente y régimen transitorio.

6.1.9. Línea piezométrica y diseño de presiones. Escenario 1

a) Régimen permanente

Para el régimen permanente, se obtiene la siguiente línea piezométrica

REGIMEN PERMANENTE	
DISTANCIA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
0.00	396.94
14.80	396.81
29.61	396.69
44.41	396.57
59.22	396.45
74.02	396.32
88.83	396.20
103.63	396.08
118.44	395.95
133.24	395.83
148.04	395.71
162.85	395.59
177.65	395.46
192.46	395.34
207.26	395.22
222.07	395.09
236.87	394.97
251.67	394.85
266.48	394.73
281.28	394.60
296.09	394.48
310.89	394.36
325.70	394.24

REGIMEN PERMANENTE	
DISTANCIA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
340.50	394.11
355.31	393.99
370.11	393.87
384.91	393.74
399.72	393.62
414.52	393.50
429.33	393.38
444.13	393.25
458.94	393.13
473.74	393.01
488.55	392.89
503.35	392.76
518.15	392.64
532.96	392.52
547.76	392.39
562.57	392.27
577.37	392.15
592.18	392.03
606.98	391.90
621.78	391.78
636.59	391.66
651.39	391.53
666.20	391.41
681.00	391.29
695.81	391.17
710.61	391.04
725.42	390.92
740.22	390.80
755.02	390.68
769.83	390.55
784.63	390.43
799.44	390.31
814.24	390.18
829.05	390.06
843.85	389.94
858.66	389.82
873.46	389.69

REGIMEN PERMANENTE	
DISTANCIA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
888.26	389.57
903.07	389.45
917.87	389.33
932.68	389.20
947.48	389.08
962.29	388.96
977.09	388.83
991.89	388.71
1006.70	388.59
1021.50	388.47
1036.31	388.34
1051.11	388.22
1065.92	388.10
1080.72	387.97
1095.53	387.85
1110.33	387.73
1125.13	387.61
1139.94	387.48
1154.74	387.36
1169.55	387.24
1184.35	387.12
1199.16	386.99
1213.96	386.87
1228.77	386.75
1243.57	386.62
1258.37	386.50
1273.18	386.38
1287.98	386.26
1302.79	386.13
1317.59	386.01
1332.40	385.89
1347.20	385.77
1362.00	385.64
1376.81	385.52
1391.61	385.40
1406.42	385.27
1421.22	385.15

REGIMEN PERMANENTE	
DISTANCIA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
1436.03	385.03
1450.83	384.91
1465.64	384.78
1480.44	384.66
1495.24	384.54
1510.05	384.41
1524.85	384.29
1539.66	384.17
1554.46	384.05
1569.27	383.92
1584.07	383.80
1598.88	383.68
1613.68	383.56
1628.48	383.43
1643.29	383.31
1658.09	383.19
1672.90	383.06
1687.70	382.94
1702.51	382.82
1717.31	382.70
1732.11	382.57
1746.92	382.45
1761.72	382.33
1776.53	382.20
1791.33	382.08
1806.14	381.96
1820.94	381.84
1835.75	381.71
1850.55	381.59
1865.35	381.47
1880.16	381.35
1894.96	381.22
1909.77	381.10
1924.57	380.98
1939.38	380.85
1954.18	380.73
1968.99	380.61

REGIMEN PERMANENTE	
DISTANCIA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
1983.79	380.49
1998.59	380.36
2013.40	380.24
2028.20	380.12
2043.01	380.00
2057.81	379.87
2072.62	379.75
2087.42	379.63
2102.22	379.50
2117.03	379.38
2131.83	379.26
2146.64	379.14
2161.44	379.01
2176.25	378.89
2191.05	378.77
2205.86	378.64
2220.66	378.52
2235.46	378.40
2250.27	378.28
2265.07	378.15
2279.88	378.03
2294.68	377.91
2309.49	377.79
2324.29	377.66
2339.10	377.54
2353.90	377.42
2368.70	377.29
2383.51	377.17
2398.31	377.05
2413.12	376.93
2427.92	376.80
2442.73	376.68
2457.53	376.56
2472.33	376.44
2487.14	376.31
2501.94	376.19
2516.75	376.07

REGIMEN PERMANENTE	
DISTANCIA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
2531.55	375.94
2546.36	375.82
2561.16	375.70
2575.97	375.58
2590.77	375.45
2605.57	375.33
2620.38	375.21
2635.18	375.08
2649.99	374.96
2664.79	374.84
2679.60	374.72
2694.40	374.59
2709.21	374.47
2724.01	374.35
2738.81	374.23
2753.62	374.10
2768.42	373.98
2783.23	373.86
2798.03	373.73
2812.84	373.61
2827.64	373.49
2842.44	373.37
2857.25	373.24
2872.05	373.12
2886.86	373.00
2901.66	372.88
2916.47	372.75
2931.27	372.63
2946.08	372.51
2960.88	372.38
2975.68	372.26
2990.49	372.14
3005.29	372.02
3020.10	371.89
3034.90	371.77
3049.71	371.65
3064.51	371.52

REGIMEN PERMANENTE	
DISTANCIA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
3079.32	371.40
3094.12	371.28
3108.92	371.16
3123.73	371.03
3138.53	370.91
3153.34	370.79
3168.14	370.67
3182.95	370.54
3197.75	370.42
3212.55	370.30
3227.36	370.17
3242.16	370.05
3256.97	369.93
3271.77	369.81
3286.58	369.68
3301.38	369.56
3316.19	369.44
3330.99	369.32
3345.79	369.19
3360.60	369.07
3375.40	368.95
3390.21	368.82
3405.01	368.70
3419.82	368.58
3434.62	368.46
3449.43	368.33
3464.23	368.21
3479.03	368.09
3493.84	367.96
3508.64	367.84
3523.45	367.72
3538.25	367.60
3553.06	367.47
3567.86	367.35
3582.66	367.23
3597.47	367.11
3612.27	366.98

REGIMEN PERMANENTE	
DISTANCIA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
3627.08	366.86
3641.88	366.74
3656.69	366.61
3671.49	366.49
3686.30	366.37
3701.10	366.25
3715.90	366.12
3730.71	366.00
3745.51	365.88
3760.32	365.76
3775.12	365.63
3789.93	365.51
3804.73	365.39
3819.54	365.26
3834.34	365.14
3849.14	365.02
3863.95	364.90
3878.75	364.77
3893.56	364.65
3908.36	364.53
3923.17	364.40
3937.97	364.28
3952.77	364.16
3967.58	364.04
3982.38	363.91
3997.19	363.79
4011.99	363.67
4026.80	363.55
4041.60	363.42
4056.41	363.30
4071.21	363.18
4086.01	363.05
4100.82	362.93
4115.62	362.81
4130.43	362.69
4145.23	362.56
4160.04	362.44

REGIMEN PERMANENTE	
DISTANCIA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
4174.84	362.32
4189.65	362.20
4204.45	362.07
4219.25	361.95
4234.06	361.83
4248.86	361.70
4263.67	361.58
4278.47	361.46
4293.28	361.34
4308.08	361.21
4322.88	361.09
4337.69	360.97
4352.49	360.84
4367.30	360.72
4382.10	360.60
4396.91	360.48
4411.71	360.35
4426.52	360.23
4441.32	360.11
4456.12	359.99
4470.93	359.86
4485.73	359.74
4500.54	359.62
4515.34	359.49
4530.15	359.37
4544.95	359.25
4559.76	359.13
4574.56	359.00
4589.36	358.88
4604.17	358.76
4618.97	358.64
4633.78	358.51
4648.58	358.39
4663.39	358.27
4678.19	358.14
4692.99	358.02
4707.80	357.90

REGIMEN PERMANENTE	
DISTANCIA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
4722.60	357.78
4737.41	357.65
4752.21	357.53
4767.02	357.41
4781.82	357.28
4796.63	357.16
4811.43	357.04
4826.23	356.92
4841.04	356.79
4855.84	356.67
4870.65	356.55
4885.45	356.43
4900.26	356.30
4915.06	356.18
4929.87	356.06
4944.67	355.93
4959.47	355.81
4974.28	355.69
4989.08	355.57
5003.89	355.44
5018.69	355.32
5033.50	355.20
5048.30	355.08
5063.10	354.95
5077.91	354.83
5092.71	354.71
5107.52	354.58
5122.32	354.46
5137.13	354.34
5151.93	354.22
5166.74	354.09
5181.54	353.97
5196.34	353.85
5211.15	353.72
5225.95	353.60
5240.76	353.48
5255.56	353.36

REGIMEN PERMANENTE	
DISTANCIA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
5270.37	353.23
5285.17	353.11
5299.98	352.99
5314.78	352.87
5329.58	352.74
5344.39	352.62
5359.19	352.50
5374.00	352.37
5388.80	352.25
5403.61	352.13
5418.41	352.01
5433.21	351.88
5448.02	351.76
5462.82	351.64
5477.63	351.52
5492.43	351.39
5507.24	351.27
5522.04	351.15
5536.85	351.02
5551.65	350.90
5566.45	350.78
5581.26	350.66
5596.06	350.53
5610.87	350.41
5625.67	350.29
5640.48	350.16
5655.28	350.04
5670.09	349.92
5684.89	349.80
5699.69	349.67
5714.50	349.55
5729.30	349.43
5744.11	349.31
5758.91	349.18
5773.72	349.06
5788.52	348.94
5803.32	348.81

REGIMEN PERMANENTE	
DISTANCIA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
5818.13	348.69
5832.93	348.57
5847.74	348.45
5862.54	348.32
5877.35	348.20
5892.15	348.08
5906.96	347.95
5921.76	347.83
5936.56	347.71
5951.37	347.59
5966.17	347.46
5980.98	347.34
5995.78	347.22
6010.59	347.10
6025.39	346.97
6040.20	346.85
6055.00	346.73
6069.80	346.60
6084.61	346.48
6099.41	346.36
6114.22	346.24
6129.02	346.11
6143.83	345.99
6158.63	345.87
6173.43	345.75
6188.24	345.62
6203.04	345.50
6217.85	345.38
6232.65	345.25
6247.46	345.13
6262.26	345.01
6277.07	344.89
6291.87	344.76
6306.67	344.64
6321.48	344.52
6336.28	344.39
6351.09	344.27

REGIMEN PERMANENTE	
DISTANCIA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
6365.89	344.15
6380.70	344.03
6395.50	343.90
6410.31	343.78
6425.11	343.66
6439.91	343.54
6454.72	343.41
6469.52	343.29
6484.33	343.17
6499.13	343.04

b) Régimen transitorio

Las presiones máximas y mínimas en régimen transitorio se incluyen en la siguiente tabla:

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
0.000	412.045	339.801
14.804	411.932	339.741
29.609	411.822	339.682
44.413	411.712	339.622
59.218	411.602	339.562
74.022	411.491	339.502
88.826	411.381	339.442
103.631	411.271	339.382
118.435	411.161	339.323
133.240	411.051	339.263
148.044	410.941	339.203
162.848	410.831	339.143
177.653	410.720	339.084

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
192.457	410.610	339.024
207.262	410.500	338.964
222.066	410.390	338.904
236.870	410.279	338.845
251.675	410.169	338.785
266.479	410.059	338.726
281.284	409.949	338.666
296.088	409.838	338.606
310.892	409.728	338.547
325.697	409.617	338.487
340.501	409.507	338.428
355.306	409.397	338.368
370.110	409.286	338.308
384.914	409.176	338.249
399.719	409.065	338.189
414.523	408.955	338.130
429.328	408.844	338.070
444.132	408.734	338.011
458.936	408.623	337.951
473.741	408.513	337.892
488.545	408.402	337.832
503.350	408.291	337.773
518.154	408.181	337.714
532.958	408.070	337.654
547.763	407.960	337.595
562.567	407.849	337.535
577.372	407.738	337.476
592.176	407.628	337.416
606.980	407.517	337.357
621.785	407.406	337.298
636.589	407.296	337.238
651.394	407.185	337.179
666.198	407.074	337.119
681.002	406.963	337.060

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
695.807	406.853	337.001
710.611	406.742	336.941
725.416	406.631	336.882
740.220	406.520	336.823
755.024	406.409	336.763
769.829	406.299	336.704
784.633	406.188	336.644
799.438	406.077	336.585
814.242	405.966	336.526
829.046	405.855	336.466
843.851	405.745	336.407
858.655	405.634	336.348
873.460	405.523	336.288
888.264	405.412	336.229
903.068	405.301	336.170
917.873	405.190	336.110
932.677	405.079	336.051
947.482	404.969	335.992
962.286	404.858	335.932
977.090	404.747	335.873
991.895	404.636	335.814
1006.699	404.525	335.754
1021.504	404.414	335.695
1036.308	404.303	335.635
1051.112	404.192	335.576
1065.917	404.081	335.517
1080.721	403.970	335.457
1095.526	403.859	335.398
1110.330	403.749	335.339
1125.134	403.638	335.279
1139.939	403.527	335.220
1154.743	403.416	335.160
1169.548	403.305	335.101
1184.352	403.194	335.042

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
1199.156	403.083	334.982
1213.961	402.971	334.923
1228.765	402.863	334.863
1243.570	402.748	334.804
1258.374	402.645	334.745
1273.178	402.519	334.685
1287.983	402.436	334.626
1302.787	402.282	334.566
1317.592	402.262	334.507
1332.396	402.228	334.447
1347.200	402.210	334.388
1362.005	401.299	334.328
1376.809	400.653	334.269
1391.614	399.622	334.209
1406.418	398.685	334.150
1421.222	398.337	334.090
1436.027	398.238	334.031
1450.831	398.139	333.971
1465.636	398.041	333.912
1480.440	397.942	333.852
1495.244	397.843	333.793
1510.049	397.745	333.733
1524.853	397.646	333.674
1539.658	397.547	333.614
1554.462	397.449	333.554
1569.266	397.350	333.495
1584.071	397.252	333.435
1598.875	397.154	333.376
1613.680	397.056	333.316
1628.484	396.957	333.256
1643.288	396.859	333.197
1658.093	396.761	333.137
1672.897	396.663	333.077
1687.702	396.565	333.017

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
1702.506	396.467	332.958
1717.310	396.369	332.898
1732.115	396.272	332.838
1746.919	396.174	332.779
1761.724	396.076	332.719
1776.528	395.979	332.659
1791.332	395.881	332.599
1806.137	395.783	332.539
1820.941	395.686	332.479
1835.746	395.589	332.420
1850.550	395.491	332.360
1865.354	395.394	332.300
1880.159	395.297	332.240
1894.963	395.200	332.180
1909.768	395.103	332.120
1924.572	395.005	332.060
1939.376	394.908	332.000
1954.181	394.812	331.940
1968.985	394.715	331.880
1983.790	394.618	331.820
1998.594	394.521	331.760
2013.398	394.424	331.700
2028.203	394.328	331.640
2043.007	394.231	331.580
2057.812	394.135	331.520
2072.616	394.038	331.460
2087.420	393.942	331.400
2102.225	393.846	331.339
2117.029	393.749	331.279
2131.834	393.653	331.219
2146.638	393.557	331.159
2161.442	393.461	331.099
2176.247	393.365	331.038
2191.051	393.269	330.978

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
2205.856	393.173	330.918
2220.660	393.077	330.857
2235.464	392.981	330.797
2250.269	392.886	330.737
2265.073	392.790	330.676
2279.878	392.694	330.616
2294.682	392.599	330.556
2309.486	392.503	330.495
2324.291	392.408	330.435
2339.095	392.312	330.374
2353.900	392.217	330.314
2368.704	392.122	330.253
2383.508	392.027	330.192
2398.313	391.932	330.132
2413.117	391.836	330.071
2427.922	391.741	330.011
2442.726	391.646	329.950
2457.530	391.552	329.889
2472.335	391.457	329.829
2487.139	391.362	329.768
2501.944	391.267	329.707
2516.748	391.173	329.646
2531.552	391.078	329.586
2546.357	390.984	329.525
2561.161	390.889	329.464
2575.966	390.795	329.403
2590.770	390.700	329.342
2605.574	390.606	329.281
2620.379	390.512	329.220
2635.183	390.418	329.159
2649.988	390.324	329.098
2664.792	390.230	329.037
2679.596	390.136	328.976
2694.401	390.042	328.915

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
2709.205	389.948	328.854
2724.010	389.854	328.793
2738.814	389.760	328.732
2753.618	389.667	328.670
2768.423	389.573	328.609
2783.227	389.480	328.548
2798.032	389.386	328.487
2812.836	389.293	328.425
2827.640	389.199	328.364
2842.445	389.106	328.303
2857.249	389.013	328.241
2872.054	388.920	328.180
2886.858	388.827	328.118
2901.662	388.734	328.057
2916.467	388.641	327.995
2931.271	388.548	327.934
2946.076	388.455	327.872
2960.880	388.362	327.811
2975.684	388.269	327.749
2990.489	388.177	327.687
3005.293	388.084	327.626
3020.098	387.991	327.564
3034.902	387.899	327.502
3049.706	387.807	327.441
3064.511	387.714	327.379
3079.315	387.622	327.317
3094.120	387.530	327.255
3108.924	387.438	327.193
3123.728	387.345	327.131
3138.533	387.253	327.069
3153.337	387.161	327.007
3168.142	387.070	326.945
3182.946	386.978	326.883
3197.750	386.886	326.821

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
3212.555	386.794	326.759
3227.359	386.703	326.697
3242.164	386.611	326.634
3256.968	386.520	326.572
3271.772	386.428	326.510
3286.577	386.337	326.448
3301.381	386.245	326.385
3316.186	386.154	326.323
3330.990	386.063	326.261
3345.795	385.972	326.198
3360.599	385.881	326.136
3375.403	385.790	326.073
3390.208	385.699	326.011
3405.012	385.608	325.948
3419.817	385.517	325.886
3434.621	385.426	325.823
3449.425	385.335	325.760
3464.230	385.245	325.698
3479.034	385.154	325.635
3493.839	385.064	325.572
3508.643	384.973	325.509
3523.447	384.883	325.446
3538.252	384.793	325.383
3553.056	384.702	325.321
3567.861	384.612	325.258
3582.665	384.522	325.195
3597.469	384.432	325.132
3612.274	384.342	325.068
3627.078	384.252	325.005
3641.883	384.162	324.942
3656.687	384.072	324.879
3671.491	383.983	324.816
3686.296	383.893	324.753
3701.100	383.803	324.689

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
3715.905	383.714	324.626
3730.709	383.624	324.563
3745.513	383.535	324.499
3760.318	383.446	324.436
3775.122	383.356	324.372
3789.927	383.267	324.309
3804.731	383.178	324.245
3819.535	383.089	324.182
3834.340	383.000	324.118
3849.144	382.911	324.054
3863.949	382.822	323.991
3878.753	382.733	323.927
3893.557	382.645	323.863
3908.362	382.556	323.799
3923.166	382.467	323.735
3937.971	382.379	323.671
3952.775	382.290	323.607
3967.579	382.202	323.543
3982.384	382.113	323.479
3997.188	382.025	323.415
4011.993	381.937	323.351
4026.797	381.849	323.287
4041.601	381.760	323.223
4056.406	381.672	323.159
4071.210	381.584	323.094
4086.015	381.497	323.030
4100.819	381.409	322.966
4115.623	381.321	322.901
4130.428	381.233	322.837
4145.232	381.146	322.772
4160.037	381.058	322.708
4174.841	380.970	322.643
4189.645	380.883	322.579
4204.450	380.796	322.514

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
4219.254	380.708	322.449
4234.059	380.621	322.385
4248.863	380.534	322.320
4263.667	380.447	322.255
4278.472	380.360	322.190
4293.276	380.273	322.125
4308.081	380.186	322.060
4322.885	380.099	321.996
4337.689	380.012	321.930
4352.494	379.925	321.865
4367.298	379.839	321.800
4382.103	379.752	321.735
4396.907	379.665	321.670
4411.711	379.579	321.605
4426.516	379.492	321.539
4441.320	379.406	321.474
4456.125	379.320	321.409
4470.929	379.234	321.343
4485.733	379.147	321.278
4500.538	379.061	321.212
4515.342	378.975	321.147
4530.147	378.889	321.081
4544.951	378.803	321.016
4559.755	378.718	320.950
4574.560	378.632	320.884
4589.364	378.546	320.818
4604.169	378.461	320.753
4618.973	378.375	320.687
4633.777	378.290	320.621
4648.582	378.204	320.555
4663.386	378.119	320.489
4678.191	378.033	320.423
4692.995	377.948	320.357
4707.799	377.863	320.291

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
4722.604	377.778	320.224
4737.408	377.693	320.158
4752.213	377.608	320.092
4767.017	377.523	320.026
4781.821	377.438	319.959
4796.626	377.353	319.893
4811.430	377.269	319.826
4826.235	377.184	319.760
4841.039	377.099	319.693
4855.843	377.015	319.627
4870.648	376.930	319.560
4885.452	376.846	319.493
4900.257	376.762	319.427
4915.061	376.677	319.360
4929.865	376.593	319.293
4944.670	376.509	319.226
4959.474	376.425	319.159
4974.279	376.341	319.092
4989.083	376.257	319.025
5003.887	376.173	318.958
5018.692	376.089	318.891
5033.496	376.006	318.824
5048.301	375.922	318.757
5063.105	375.838	318.690
5077.909	375.755	318.622
5092.714	375.671	318.555
5107.518	375.588	318.461
5122.323	375.505	318.496
5137.127	375.421	318.531
5151.931	375.338	318.567
5166.736	375.255	318.602
5181.540	375.172	318.637
5196.345	375.089	318.672
5211.149	375.006	318.706

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
5225.953	374.923	318.741
5240.758	374.840	318.776
5255.562	374.757	318.810
5270.367	374.675	318.844
5285.171	374.592	318.878
5299.975	374.509	318.912
5314.780	374.427	318.946
5329.584	374.345	318.980
5344.389	374.262	319.014
5359.193	374.180	319.047
5373.997	374.098	319.080
5388.802	374.015	319.114
5403.606	373.933	319.147
5418.411	373.851	319.180
5433.215	373.769	319.213
5448.019	373.687	319.245
5462.824	373.605	319.278
5477.628	373.524	319.310
5492.433	373.442	319.342
5507.237	373.360	319.375
5522.041	373.279	319.407
5536.846	373.197	319.439
5551.650	373.116	319.470
5566.455	373.034	319.502
5581.259	372.953	319.533
5596.063	372.872	319.565
5610.868	372.790	319.596
5625.672	372.709	319.627
5640.477	372.628	319.658
5655.281	372.547	319.689
5670.085	372.466	319.719
5684.890	372.385	319.750
5699.694	372.304	319.780
5714.499	372.224	319.810

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
5729.303	372.143	319.840
5744.107	372.062	319.870
5758.912	371.982	319.900
5773.716	371.901	319.930
5788.521	371.821	319.959
5803.325	371.740	319.989
5818.129	371.660	320.018
5832.934	371.580	320.047
5847.738	371.500	320.076
5862.543	371.419	320.104
5877.347	371.339	320.133
5892.151	371.259	320.161
5906.956	371.179	320.190
5921.760	371.099	320.218
5936.565	371.020	320.246
5951.369	370.940	320.274
5966.173	370.861	320.301
5980.978	370.780	320.329
5995.782	370.702	320.356
6010.587	370.620	320.383
6025.391	370.546	320.410
6040.195	370.456	320.437
6055.000	370.395	320.464
6069.804	370.283	320.491
6084.609	370.263	320.517
6099.413	370.049	320.543
6114.217	369.425	320.569
6129.022	368.789	320.595
6143.826	368.141	320.621
6158.631	367.477	320.647
6173.435	366.810	320.672
6188.239	366.142	320.698
6203.044	365.458	320.723
6217.848	364.758	320.748

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
6232.653	364.041	320.773
6247.457	363.306	320.797
6262.261	362.546	320.822
6277.066	361.763	320.846
6291.870	360.958	320.870
6306.675	360.143	320.894
6321.479	359.286	320.918
6336.283	358.358	320.942
6351.088	357.450	320.965
6365.892	356.467	320.988
6380.697	355.412	321.012
6395.501	354.313	321.035
6410.305	353.177	321.057
6425.110	352.045	321.080
6439.914	350.814	321.102
6454.719	349.533	321.125
6469.523	348.087	325.175
6484.327	346.518	330.784
6499.132	344.882	335.977

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
0.000	212.245	23.347	140.001	15.400
14.804	210.225	23.125	138.035	15.184
29.609	210.040	23.104	137.900	15.169
44.413	209.855	23.084	137.766	15.154
59.218	209.671	23.064	137.631	15.139
74.022	209.486	23.043	137.496	15.125
88.826	209.301	23.023	137.362	15.110

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
103.631	209.116	23.003	137.227	15.095
118.435	208.931	22.982	137.093	15.080
133.240	208.746	22.962	136.958	15.065
148.044	208.561	22.942	136.824	15.051
162.848	208.377	22.921	136.689	15.036
177.653	208.192	22.901	136.555	15.021
192.457	206.314	22.695	134.728	14.820
207.262	203.704	22.407	132.168	14.538
222.066	203.520	22.387	132.035	14.524
236.870	203.336	22.367	131.902	14.509
251.675	203.152	22.347	131.768	14.495
266.479	202.969	22.327	131.635	14.480
281.284	204.307	22.474	133.025	14.633
296.088	207.446	22.819	136.214	14.984
310.892	210.250	23.128	139.069	15.298
325.697	210.065	23.107	138.934	15.283
340.501	209.521	23.047	138.442	15.229
355.306	207.821	22.860	136.793	15.047
370.110	206.122	22.673	135.144	14.866
384.914	205.343	22.588	134.416	14.786
399.719	205.032	22.554	134.156	14.757
414.523	204.722	22.519	133.897	14.729
429.328	204.411	22.485	133.637	14.700
444.132	204.100	22.451	133.378	14.672
458.936	203.790	22.417	133.118	14.643
473.741	203.479	22.383	132.858	14.614
488.545	203.168	22.348	132.599	14.586
503.350	202.857	22.314	132.339	14.557
518.154	202.547	22.280	132.079	14.529
532.958	202.236	22.246	131.820	14.500
547.763	201.925	22.212	131.560	14.472
562.567	201.614	22.178	131.301	14.443
577.372	201.303	22.143	131.041	14.415
592.176	200.993	22.109	130.781	14.386

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
606.980	200.682	22.075	130.522	14.357
621.785	200.371	22.041	130.262	14.329
636.589	200.060	22.007	130.003	14.300
651.394	199.749	21.972	129.743	14.272
666.198	199.438	21.938	129.484	14.243
681.002	199.127	21.904	129.224	14.215
695.807	198.816	21.870	128.964	14.186
710.611	198.506	21.836	128.705	14.158
725.416	199.169	21.909	129.420	14.236
740.220	200.534	22.059	130.836	14.392
755.024	200.689	22.076	131.043	14.415
769.829	200.431	22.047	130.836	14.392
784.633	200.172	22.019	130.628	14.369
799.438	199.913	21.990	130.421	14.346
814.242	199.654	21.962	130.213	14.323
829.046	199.395	21.933	130.006	14.301
843.851	199.136	21.905	129.799	14.278
858.655	198.877	21.877	129.591	14.255
873.460	198.619	21.848	129.384	14.232
888.264	198.360	21.820	129.177	14.209
903.068	198.101	21.791	128.969	14.187
917.873	197.842	21.763	128.762	14.164
932.677	197.583	21.734	128.555	14.141
947.482	197.324	21.706	128.347	14.118
962.286	197.065	21.677	128.140	14.095
977.090	196.806	21.649	127.932	14.073
991.895	196.547	21.620	127.725	14.050
1006.699	196.289	21.592	127.518	14.027
1021.504	196.030	21.563	127.310	14.004
1036.308	195.771	21.535	127.103	13.981
1051.112	195.512	21.506	126.896	13.959
1065.917	195.253	21.478	126.688	13.936
1080.721	194.994	21.449	126.481	13.913
1095.526	194.735	21.421	126.273	13.890

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
1110.330	194.476	21.392	126.066	13.867
1125.134	194.217	21.364	125.859	13.844
1139.939	193.958	21.335	125.651	13.822
1154.743	193.699	21.307	125.444	13.799
1169.548	193.440	21.278	125.237	13.776
1184.352	193.181	21.250	125.029	13.753
1199.156	192.375	21.161	124.274	13.670
1213.961	190.775	20.985	122.726	13.500
1228.765	189.178	20.810	121.179	13.330
1243.570	187.575	20.633	119.631	13.159
1258.374	185.984	20.458	118.084	12.989
1273.178	184.521	20.297	116.687	12.836
1287.983	184.365	20.280	116.554	12.821
1302.787	184.137	20.255	116.421	12.806
1317.592	184.044	20.245	116.288	12.792
1332.396	183.937	20.233	116.155	12.777
1347.200	183.767	20.214	115.945	12.754
1362.005	181.747	19.992	114.776	12.625
1376.809	179.989	19.799	113.606	12.497
1391.614	177.849	19.563	112.436	12.368
1406.418	175.936	19.353	111.400	12.254
1421.222	175.514	19.307	111.267	12.239
1436.027	175.342	19.288	111.134	12.225
1450.831	175.169	19.269	111.001	12.210
1465.636	174.997	19.250	110.868	12.195
1480.440	174.824	19.231	110.735	12.181
1495.244	174.652	19.212	110.602	12.166
1510.049	174.480	19.193	110.469	12.152
1524.853	174.308	19.174	110.336	12.137
1539.658	174.136	19.155	110.202	12.122
1554.462	173.964	19.136	110.069	12.108
1569.266	173.792	19.117	109.936	12.093
1584.071	173.620	19.098	109.803	12.078
1598.875	173.448	19.079	109.670	12.064

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
1613.680	174.271	19.170	110.531	12.158
1628.484	175.575	19.313	111.874	12.306
1643.288	176.880	19.457	113.217	12.454
1658.093	178.184	19.600	114.560	12.602
1672.897	179.213	19.713	115.627	12.719
1687.702	179.004	19.690	115.456	12.700
1702.506	178.795	19.667	115.286	12.681
1717.310	178.586	19.644	115.115	12.663
1732.115	178.378	19.622	114.944	12.644
1746.919	178.169	19.599	114.774	12.625
1761.724	177.960	19.576	114.603	12.606
1776.528	177.752	19.553	114.432	12.588
1791.332	177.543	19.530	114.262	12.569
1806.137	177.335	19.507	114.091	12.550
1820.941	177.127	19.484	113.920	12.531
1835.746	176.918	19.461	113.749	12.512
1850.550	176.411	19.405	113.280	12.461
1865.354	175.795	19.337	112.701	12.397
1880.159	175.179	19.270	112.122	12.333
1894.963	174.563	19.202	111.544	12.270
1909.768	173.948	19.134	110.965	12.206
1924.572	173.332	19.066	110.386	12.143
1939.376	172.716	18.999	109.808	12.079
1954.181	171.516	18.867	108.645	11.951
1968.985	169.644	18.661	106.810	11.749
1983.790	168.874	18.576	106.076	11.668
1998.594	168.652	18.552	105.891	11.648
2013.398	168.430	18.527	105.705	11.628
2028.203	168.208	18.503	105.520	11.607
2043.007	167.985	18.478	105.334	11.587
2057.812	167.763	18.454	105.148	11.566
2072.616	167.541	18.430	104.963	11.546
2087.420	167.319	18.405	104.777	11.525
2102.225	165.770	18.235	103.264	11.359

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
2117.029	164.004	18.040	101.534	11.169
2131.834	162.238	17.846	99.804	10.978
2146.638	160.471	17.652	98.073	10.788
2161.442	158.705	17.458	96.343	10.598
2176.247	156.939	17.263	94.613	10.407
2191.051	155.274	17.080	92.983	10.228
2205.856	153.697	16.907	91.442	10.059
2220.660	152.121	16.733	89.902	9.889
2235.464	150.545	16.560	88.361	9.720
2250.269	148.969	16.387	86.820	9.550
2265.073	147.393	16.213	85.279	9.381
2279.878	145.817	16.040	83.738	9.211
2294.682	144.105	15.852	82.062	9.027
2309.486	142.344	15.658	80.336	8.837
2324.291	140.584	15.464	78.611	8.647
2339.095	138.823	15.271	76.885	8.457
2353.900	137.063	15.077	75.159	8.268
2368.704	135.302	14.883	73.434	8.078
2383.508	134.050	14.746	72.216	7.944
2398.313	133.762	14.714	71.962	7.916
2413.117	133.474	14.682	71.709	7.888
2427.922	133.186	14.650	71.456	7.860
2442.726	132.898	14.619	71.202	7.832
2457.530	132.611	14.587	70.948	7.804
2472.335	132.323	14.556	70.695	7.776
2487.139	132.035	14.524	70.441	7.749
2501.944	131.748	14.492	70.188	7.721
2516.748	131.460	14.461	69.934	7.693
2531.552	131.173	14.429	69.680	7.665
2546.357	130.886	14.397	69.427	7.637
2561.161	130.598	14.366	69.173	7.609
2575.966	131.472	14.462	70.080	7.709
2590.770	132.859	14.614	71.500	7.865
2605.574	134.246	14.767	72.921	8.021

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
2620.379	135.633	14.920	74.341	8.178
2635.183	137.020	15.072	75.761	8.334
2649.988	138.407	15.225	77.182	8.490
2664.792	139.794	15.377	78.602	8.646
2679.596	141.181	15.530	80.022	8.802
2694.401	142.569	15.683	81.442	8.959
2709.205	143.956	15.835	82.862	9.115
2724.010	145.344	15.988	84.282	9.271
2738.814	146.731	16.140	85.703	9.427
2753.618	147.423	16.217	86.427	9.507
2768.423	147.181	16.190	86.218	9.484
2783.227	146.940	16.163	86.008	9.461
2798.032	146.698	16.137	85.798	9.438
2812.836	146.456	16.110	85.589	9.415
2827.640	146.214	16.084	85.379	9.392
2842.445	145.973	16.057	85.169	9.369
2857.249	145.731	16.030	84.960	9.346
2872.054	145.490	16.004	84.750	9.322
2886.858	145.248	15.977	84.540	9.299
2901.662	144.964	15.946	84.287	9.272
2916.467	143.760	15.814	83.115	9.143
2931.271	142.556	15.681	81.942	9.014
2946.076	141.352	15.549	80.770	8.885
2960.880	140.148	15.416	79.597	8.756
2975.684	138.945	15.284	78.425	8.627
2990.489	137.741	15.152	77.252	8.498
3005.293	136.537	15.019	76.079	8.369
3020.098	135.890	14.948	75.462	8.301
3034.902	135.703	14.927	75.306	8.284
3049.706	135.517	14.907	75.150	8.267
3064.511	135.330	14.886	74.994	8.249
3079.315	135.143	14.866	74.838	8.232
3094.120	134.957	14.845	74.682	8.215
3108.924	134.770	14.825	74.526	8.198

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
3123.728	134.584	14.804	74.370	8.181
3138.533	134.398	14.784	74.213	8.163
3153.337	134.211	14.763	74.057	8.146
3168.142	134.025	14.743	73.901	8.129
3182.946	133.839	14.722	73.744	8.112
3197.750	133.653	14.702	73.588	8.095
3212.555	133.467	14.681	73.432	8.077
3227.359	133.281	14.661	73.275	8.060
3242.164	133.095	14.640	73.119	8.043
3256.968	132.349	14.558	72.402	7.964
3271.772	131.503	14.465	71.585	7.874
3286.577	130.658	14.372	70.769	7.785
3301.381	129.812	14.279	69.952	7.695
3316.186	128.967	14.186	69.136	7.605
3330.990	128.121	14.093	68.319	7.515
3345.795	127.276	14.000	67.502	7.425
3360.599	126.430	13.907	66.685	7.335
3375.403	125.709	13.828	65.993	7.259
3390.208	125.246	13.777	65.558	7.211
3405.012	124.783	13.726	65.124	7.164
3419.817	124.321	13.675	64.689	7.116
3434.621	123.858	13.624	64.255	7.068
3449.425	123.396	13.574	63.820	7.020
3464.230	122.933	13.523	63.386	6.972
3479.034	122.471	13.472	62.951	6.925
3493.839	122.008	13.421	62.517	6.877
3508.643	121.344	13.348	61.880	6.807
3523.447	120.565	13.262	61.129	6.724
3538.252	119.786	13.177	60.377	6.641
3553.056	119.008	13.091	59.626	6.559
3567.861	118.229	13.005	58.874	6.476
3582.665	117.450	12.920	58.122	6.393
3597.469	116.671	12.834	57.371	6.311
3612.274	115.893	12.748	56.619	6.228

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
3627.078	115.114	12.663	55.868	6.145
3641.883	114.336	12.577	55.116	6.063
3656.687	113.774	12.515	54.581	6.004
3671.491	113.455	12.480	54.288	5.972
3686.296	113.135	12.445	53.995	5.939
3701.100	112.816	12.410	53.702	5.907
3715.905	112.497	12.375	53.409	5.875
3730.709	112.177	12.340	53.115	5.843
3745.513	111.858	12.304	52.822	5.810
3760.318	111.539	12.269	52.529	5.778
3775.122	111.220	12.234	52.236	5.746
3789.927	111.112	12.222	52.154	5.737
3804.731	112.138	12.335	53.205	5.853
3819.535	113.163	12.448	54.256	5.968
3834.340	114.188	12.561	55.306	6.084
3849.144	115.214	12.674	56.357	6.199
3863.949	116.240	12.786	57.408	6.315
3878.753	117.265	12.899	58.459	6.430
3893.557	117.293	12.902	58.511	6.436
3908.362	116.484	12.813	57.727	6.350
3923.166	115.675	12.724	56.943	6.264
3937.971	113.303	12.463	54.596	6.006
3952.775	109.697	12.067	51.014	5.612
3967.579	106.090	11.670	47.432	5.218
3982.384	103.078	11.339	44.444	4.889
3997.188	104.702	11.517	46.092	5.070
4011.993	106.086	11.669	47.501	5.225
4026.797	105.837	11.642	47.276	5.200
4041.601	105.588	11.615	47.050	5.176
4056.406	105.339	11.587	46.825	5.151
4071.210	105.090	11.560	46.600	5.126
4086.015	103.855	11.424	45.389	4.993
4100.819	101.950	11.215	43.507	4.786
4115.623	100.046	11.005	41.626	4.579

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
4130.428	98.141	10.795	39.745	4.372
4145.232	96.236	10.586	37.863	4.165
4160.037	94.332	10.377	35.982	3.958
4174.841	93.420	10.276	35.093	3.860
4189.645	93.041	10.234	34.737	3.821
4204.450	93.473	10.282	35.191	3.871
4219.254	94.379	10.382	36.120	3.973
4234.059	95.285	10.481	37.049	4.075
4248.863	96.191	10.581	37.978	4.178
4263.667	97.098	10.681	38.906	4.280
4278.472	98.004	10.780	39.835	4.382
4293.276	98.910	10.880	40.763	4.484
4308.081	94.971	10.447	36.845	4.053
4322.885	94.109	10.352	36.006	3.961
4337.689	93.248	10.257	35.167	3.868
4352.494	92.387	10.163	34.328	3.776
4367.298	91.526	10.068	33.488	3.684
4382.103	90.666	9.973	32.649	3.591
4396.907	89.805	9.879	31.809	3.499
4411.711	88.608	9.747	30.634	3.370
4426.516	86.538	9.519	28.585	3.144
4441.320	84.468	9.291	26.536	2.919
4456.125	82.398	9.064	24.487	2.694
4470.929	80.328	8.836	22.438	2.468
4485.733	78.258	8.608	20.388	2.243
4500.538	76.188	8.381	18.339	2.017
4515.342	75.312	8.284	17.483	1.923
4530.147	74.662	8.213	16.854	1.854
4544.951	74.012	8.141	16.224	1.785
4559.755	73.363	8.070	15.595	1.715
4574.560	72.713	7.998	14.966	1.646
4589.364	72.064	7.927	14.336	1.577
4604.169	71.414	7.856	13.706	1.508
4618.973	70.765	7.784	13.077	1.438

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
4633.777	70.116	7.713	12.447	1.369
4648.582	69.467	7.641	11.818	1.300
4663.386	68.818	7.570	11.188	1.231
4678.191	68.169	7.499	10.558	1.161
4692.995	67.520	7.427	9.928	1.092
4707.799	66.871	7.356	9.298	1.023
4722.604	66.222	7.284	8.669	0.954
4737.408	65.573	7.213	8.039	0.884
4752.213	64.924	7.142	7.409	0.815
4767.017	64.585	7.104	7.088	0.780
4781.821	64.439	7.088	6.960	0.766
4796.626	64.293	7.072	6.832	0.752
4811.430	64.147	7.056	6.705	0.737
4826.235	64.001	7.040	6.577	0.723
4841.039	63.855	7.024	6.449	0.709
4855.843	63.709	7.008	6.321	0.695
4870.648	63.563	6.992	6.193	0.681
4885.452	63.417	6.976	6.065	0.667
4900.257	63.272	6.960	5.937	0.653
4915.061	62.931	6.922	5.613	0.617
4929.865	62.225	6.845	4.925	0.542
4944.670	61.520	6.767	4.237	0.466
4959.474	60.814	6.690	3.549	0.390
4974.279	60.109	6.612	2.860	0.315
4989.083	59.403	6.534	2.172	0.239
5003.887	58.698	6.457	1.483	0.163
5018.692	57.993	6.379	0.795	0.087
5033.496	57.288	6.302	0.106	0.012
5048.301	56.875	6.256	-0.290	-0.032
5063.105	56.662	6.233	-0.487	-0.054
5077.909	56.449	6.209	-0.684	-0.075
5092.714	56.236	6.186	-0.880	-0.097
5107.518	56.023	6.163	-1.104	-0.121
5122.323	55.810	6.139	-1.198	-0.132

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
5137.127	55.598	6.116	-1.292	-0.142
5151.931	55.385	6.092	-1.386	-0.153
5166.736	55.172	6.069	-1.481	-0.163
5181.540	55.154	6.067	-1.381	-0.152
5196.345	56.073	6.168	-0.344	-0.038
5211.149	56.993	6.269	0.694	0.076
5225.953	57.720	6.349	1.538	0.169
5240.758	57.672	6.344	1.608	0.177
5255.562	58.760	6.464	2.812	0.309
5270.367	61.027	6.713	5.196	0.572
5285.171	62.429	6.867	6.715	0.739
5299.975	61.625	6.779	6.028	0.663
5314.780	60.821	6.690	5.341	0.587
5329.584	60.018	6.602	4.653	0.512
5344.389	59.214	6.514	3.966	0.436
5359.193	58.411	6.425	3.278	0.361
5373.997	57.607	6.337	2.590	0.285
5388.802	56.804	6.248	1.902	0.209
5403.606	56.000	6.160	1.214	0.134
5418.411	55.197	6.072	0.526	0.058
5433.215	54.394	5.983	-0.163	-0.018
5448.019	53.591	5.895	-0.851	-0.094
5462.824	52.788	5.807	-1.540	-0.169
5477.628	51.985	5.718	-2.229	-0.245
5492.433	51.182	5.630	-2.918	-0.321
5507.237	50.379	5.542	-3.607	-0.397
5522.041	49.576	5.453	-4.296	-0.473
5536.846	48.773	5.365	-4.985	-0.548
5551.650	48.228	5.305	-5.417	-0.596
5566.455	48.078	5.289	-5.455	-0.600
5581.259	47.927	5.272	-5.492	-0.604
5596.063	47.777	5.255	-5.530	-0.608
5610.868	47.626	5.239	-5.568	-0.612
5625.672	47.476	5.222	-5.606	-0.617

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
5640.477	47.326	5.206	-5.644	-0.621
5655.281	47.176	5.189	-5.683	-0.625
5670.085	47.025	5.173	-5.721	-0.629
5684.890	46.822	5.150	-5.814	-0.640
5699.694	46.547	5.120	-5.977	-0.657
5714.499	46.272	5.090	-6.141	-0.675
5729.303	45.998	5.060	-6.305	-0.694
5744.107	45.723	5.030	-6.468	-0.712
5758.912	45.449	4.999	-6.633	-0.730
5773.716	45.175	4.969	-6.797	-0.748
5788.521	44.900	4.939	-6.961	-0.766
5803.325	44.626	4.909	-7.125	-0.784
5818.129	44.352	4.879	-7.290	-0.802
5832.934	44.078	4.849	-7.455	-0.820
5847.738	43.804	4.818	-7.620	-0.838
5862.543	43.530	4.788	-7.785	-0.856
5877.347	43.256	4.758	-7.950	-0.875
5892.151	42.982	4.728	-8.115	-0.893
5906.956	42.709	4.698	-8.281	-0.911
5921.760	42.435	4.668	-8.447	-0.929
5936.565	41.901	4.609	-8.873	-0.976
5951.369	41.262	4.539	-9.404	-1.034
5966.173	40.624	4.469	-9.935	-1.093
5980.978	39.984	4.398	-10.467	-1.151
5995.782	39.348	4.328	-10.998	-1.210
6010.587	38.706	4.258	-11.530	-1.268
6025.391	38.073	4.188	-12.062	-1.327
6040.195	37.425	4.117	-12.594	-1.385
6055.000	36.805	4.049	-13.126	-1.444
6069.804	36.134	3.975	-13.658	-1.502
6084.609	35.555	3.911	-14.191	-1.561
6099.413	34.783	3.826	-14.723	-1.620
6114.217	33.600	3.696	-15.256	-1.678
6129.022	33.001	3.630	-15.193	-1.671

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
6143.826	33.705	3.708	-13.815	-1.520
6158.631	34.393	3.783	-12.437	-1.368
6173.435	35.079	3.859	-11.059	-1.216
6188.239	35.763	3.934	-9.681	-1.065
6203.044	35.910	3.950	-8.826	-0.971
6217.848	34.933	3.843	-9.078	-0.999
6232.653	33.939	3.733	-9.329	-1.026
6247.457	32.928	3.622	-9.581	-1.054
6262.261	31.891	3.508	-9.833	-1.082
6277.066	30.831	3.391	-10.086	-1.109
6291.870	29.750	3.272	-10.338	-1.137
6306.675	28.658	3.152	-10.591	-1.165
6321.479	27.524	3.028	-10.844	-1.193
6336.283	26.320	2.895	-11.097	-1.221
6351.088	25.135	2.765	-11.350	-1.248
6365.892	23.875	2.626	-11.603	-1.276
6380.697	22.544	2.480	-11.857	-1.304
6395.501	21.168	2.329	-12.110	-1.332
6410.305	19.755	2.173	-12.364	-1.360
6425.110	18.347	2.018	-12.618	-1.388
6439.914	16.507	1.816	-13.204	-1.452
6454.719	14.616	1.608	-13.792	-1.517
6469.523	12.561	1.382	-10.352	-1.139
6484.327	10.382	1.142	-5.353	-0.589
6499.132	8.182	0.900	-0.723	-0.080

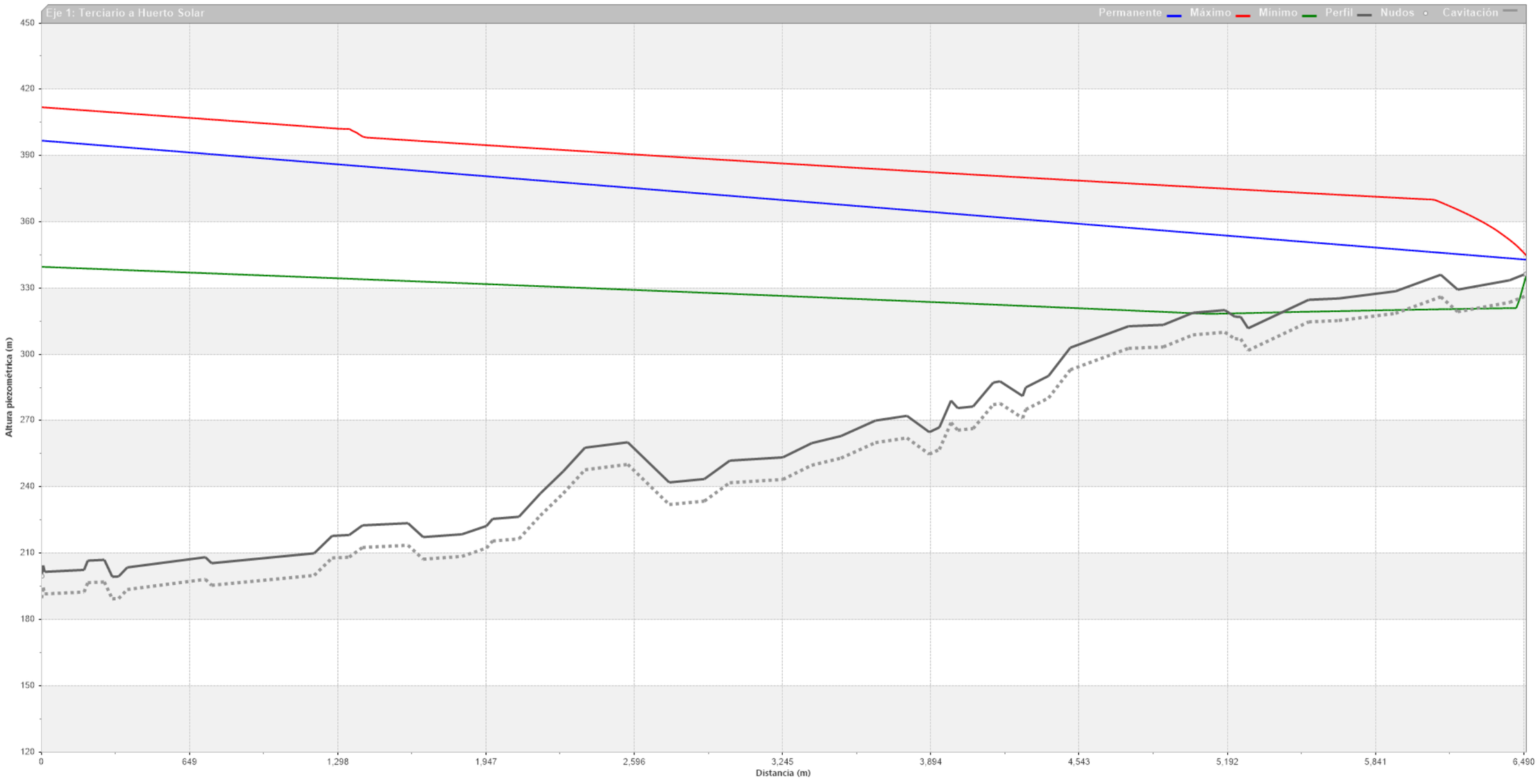
Por último, se estima el nivel mínimo de cavitación (o depresión):

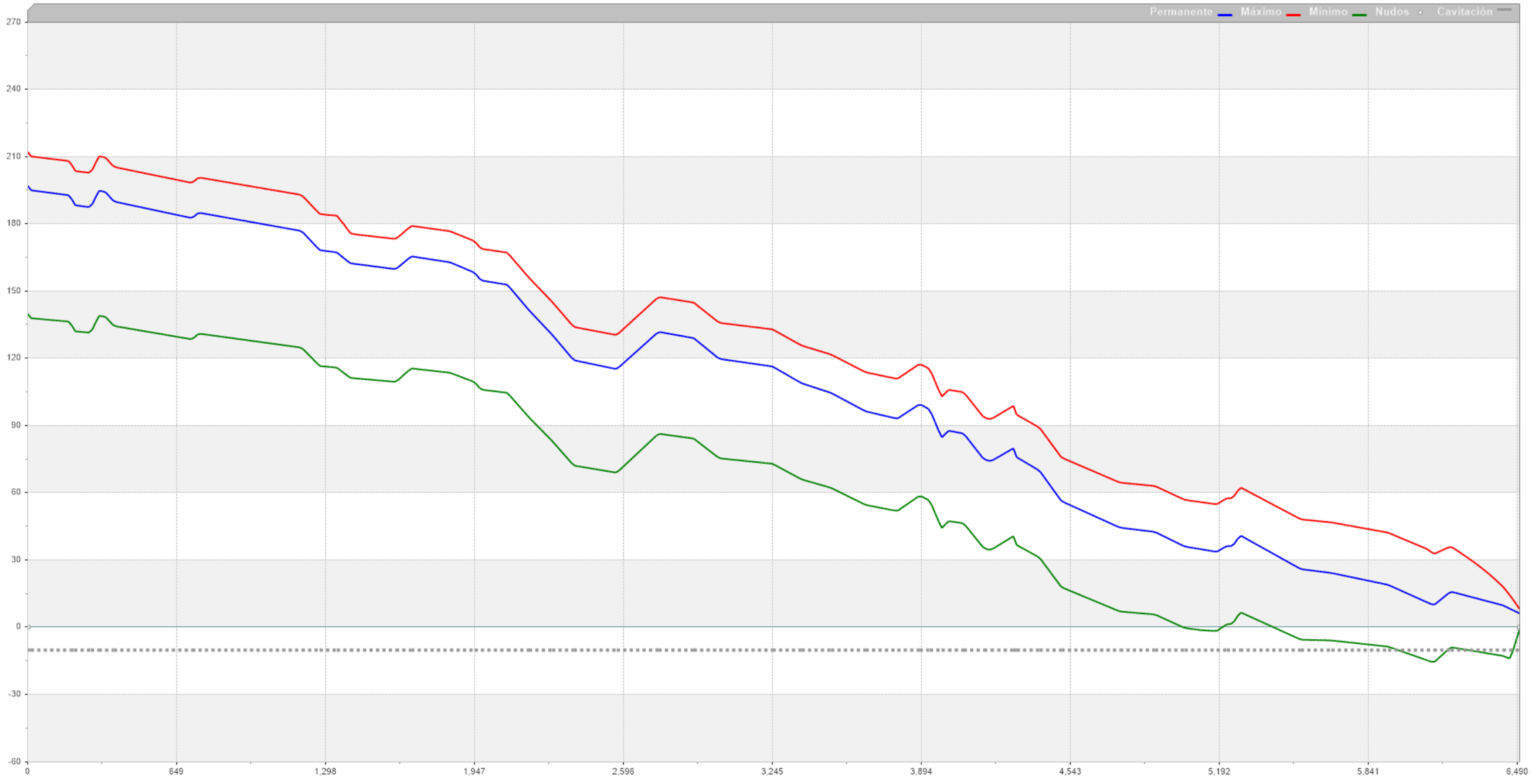
DEPRESIONES	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
0.00	189.80

DEPRESIONES	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
6.90	194.60
13.50	191.70
185.80	192.57
202.00	196.77
274.50	197.13
309.40	189.47
337.00	189.61
375.10	193.70
716.80	198.32
744.00	195.61
1193.10	200.10
1271.60	207.99
1346.10	208.36
1404.50	212.74
1603.70	213.73
1670.20	207.43
1839.70	208.70
1947.30	212.47
1973.90	215.66
2089.50	216.64
2183.20	227.21
2283.80	237.27
2378.40	247.91
2565.70	250.35
2747.30	232.18
2901.00	233.72
3012.00	242.05
3244.40	243.53
3370.60	249.96
3499.20	253.19
3649.70	260.19
3787.60	262.33
3885.50	254.96
3929.70	257.11
3980.70	269.23
4010.10	265.83
4077.20	266.56

DEPRESIONES	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
4165.20	277.36
4195.10	277.95
4294.20	271.30
4307.60	275.19
4407.60	280.42
4502.90	293.19
4757.90	302.90
4909.90	303.53
5039.50	308.97
5179.00	310.19
5223.00	307.21
5248.30	307.15
5281.00	301.96
5545.80	314.86
5678.50	315.48
5926.00	318.72
6124.40	326.21
6198.30	319.46
6425.20	323.70
6498.00	326.70
6499.13	326.70

En base a todo lo indicado, se obtiene la siguiente gráfica de presiones:


Eje 1: Terciario a Huerto Solar
Permanente
Máximo
Mínimo
Perfil
Nudos
Cavitación
Altura piezométrica (m)
450
420
390
360
330
300
270
240
210
180
150
120
0
649
1,298
1,947
2,596
3,245
3,894
4,543
5,192
5,841
6,490
Distancia (m)


Permanente
Máximo
Mínimo
Nudos
Cavitación
270
240
210
180
150
120
90
60
30
0
-30
-60
0
649
1,298
1,947
2,596
3,245
3,894
4,543
5,192
5,841
6,490

Leyenda:

- La línea gris contínua representa el perfil de la tubería
- La línea gris discontínua establece el nivel de depresión máximo admisible considerado para la tubería de conducción en régimen transitorio.
- La línea azul representa la línea piezométrica de la conducción en régimen permanente.
- La línea roja representa el nivel mñaximo de presiones en la conducción.
- La línea verde representa el nivel mínimo de presiones de la conducción.

Se puede observar en esta gráfica que, a partir del P.K. aproximadamente 5+800 se producen depresiones (cavitaciones) que pueden dañar la instalación. Se procede a realizar el mismo cálculo pero incluyendo ventosas en puntos altos y en distancias no superiores a 500 metros.

6.1.10. Línea piezométrica y diseño de presiones. Escenario 2

a) Régimen permanente

Para el régimen permanente, se obtiene la siguiente línea piezométrica

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
0.00	396.87
14.80	396.75
29.61	396.63
44.41	396.50
59.22	396.38
74.02	396.26
88.83	396.14
103.63	396.01
118.44	395.89
133.24	395.77
148.04	395.64
162.85	395.52
177.65	395.40
192.46	395.27
207.26	395.15
222.07	395.03
236.87	394.91
251.67	394.78
266.48	394.66
281.28	394.54
296.09	394.41
310.89	394.29
325.70	394.17
340.50	394.05
355.31	393.92
370.11	393.80
384.91	393.68
399.72	393.55
414.52	393.43
429.33	393.31
444.13	393.19
458.94	393.06
473.74	392.94
488.55	392.82
503.35	392.69
518.15	392.57
532.96	392.45
547.76	392.33
562.57	392.20
577.37	392.08
592.18	391.96
606.98	391.83
621.78	391.71
636.59	391.59

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
651.39	391.46
666.20	391.34
681.00	391.22
695.81	391.10
710.61	390.97
725.42	390.85
740.22	390.73
755.02	390.60
769.83	390.48
784.63	390.36
799.44	390.24
814.24	390.11
829.05	389.99
843.85	389.87
858.66	389.74
873.46	389.62
888.26	389.50
903.07	389.38
917.87	389.25
932.68	389.13
947.48	389.01
962.29	388.88
977.09	388.76
991.89	388.64
1006.70	388.52
1021.50	388.39
1036.31	388.27
1051.11	388.15
1065.92	388.02
1080.72	387.90
1095.53	387.78
1110.33	387.65
1125.13	387.53
1139.94	387.41
1154.74	387.29
1169.55	387.16
1184.35	387.04

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
1199.16	386.92
1213.96	386.79
1228.77	386.67
1243.57	386.55
1258.37	386.43
1273.18	386.30
1287.98	386.18
1302.79	386.06
1317.59	385.93
1332.40	385.81
1347.20	385.69
1362.00	385.57
1376.81	385.44
1391.61	385.32
1406.42	385.20
1421.22	385.07
1436.03	384.95
1450.83	384.83
1465.64	384.71
1480.44	384.58
1495.24	384.46
1510.05	384.34
1524.85	384.21
1539.66	384.09
1554.46	383.97
1569.27	383.84
1584.07	383.72
1598.88	383.60
1613.68	383.48
1628.48	383.35
1643.29	383.23
1658.09	383.11
1672.90	382.98
1687.70	382.86
1702.51	382.74
1717.31	382.62
1732.11	382.49

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
1746.92	382.37
1761.72	382.25
1776.53	382.12
1791.33	382.00
1806.14	381.88
1820.94	381.76
1835.75	381.63
1850.55	381.51
1865.35	381.39
1880.16	381.26
1894.96	381.14
1909.77	381.02
1924.57	380.90
1939.38	380.77
1954.18	380.65
1968.99	380.53
1983.79	380.40
1998.59	380.28
2013.40	380.16
2028.20	380.03
2043.01	379.91
2057.81	379.79
2072.62	379.67
2087.42	379.54
2102.22	379.42
2117.03	379.30
2131.83	379.17
2146.64	379.05
2161.44	378.93
2176.25	378.81
2191.05	378.68
2205.86	378.56
2220.66	378.44
2235.46	378.31
2250.27	378.19
2265.07	378.07
2279.88	377.95

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
2294.68	377.82
2309.49	377.70
2324.29	377.58
2339.10	377.45
2353.90	377.33
2368.70	377.21
2383.51	377.09
2398.31	376.96
2413.12	376.84
2427.92	376.72
2442.73	376.59
2457.53	376.47
2472.33	376.35
2487.14	376.22
2501.94	376.10
2516.75	375.98
2531.55	375.86
2546.36	375.73
2561.16	375.61
2575.97	375.49
2590.77	375.36
2605.57	375.24
2620.38	375.12
2635.18	375.00
2649.99	374.87
2664.79	374.75
2679.60	374.63
2694.40	374.50
2709.21	374.38
2724.01	374.26
2738.81	374.14
2753.62	374.01
2768.42	373.89
2783.23	373.77
2798.03	373.64
2812.84	373.52
2827.64	373.40

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
2842.44	373.28
2857.25	373.15
2872.05	373.03
2886.86	372.91
2901.66	372.78
2916.47	372.66
2931.27	372.54
2946.08	372.41
2960.88	372.29
2975.68	372.17
2990.49	372.05
3005.29	371.92
3020.10	371.80
3034.90	371.68
3049.71	371.55
3064.51	371.43
3079.32	371.31
3094.12	371.19
3108.92	371.06
3123.73	370.94
3138.53	370.82
3153.34	370.69
3168.14	370.57
3182.95	370.45
3197.75	370.33
3212.55	370.20
3227.36	370.08
3242.16	369.96
3256.97	369.83
3271.77	369.71
3286.58	369.59
3301.38	369.47
3316.19	369.34
3330.99	369.22
3345.79	369.10
3360.60	368.97
3375.40	368.85

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
3390.21	368.73
3405.01	368.61
3419.82	368.48
3434.62	368.36
3449.43	368.24
3464.23	368.11
3479.03	367.99
3493.84	367.87
3508.64	367.74
3523.45	367.62
3538.25	367.50
3553.06	367.38
3567.86	367.25
3582.66	367.13
3597.47	367.01
3612.27	366.88
3627.08	366.76
3641.88	366.64
3656.69	366.52
3671.49	366.39
3686.30	366.27
3701.10	366.15
3715.90	366.02
3730.71	365.90
3745.51	365.78
3760.32	365.66
3775.12	365.53
3789.93	365.41
3804.73	365.29
3819.54	365.16
3834.34	365.04
3849.14	364.92
3863.95	364.80
3878.75	364.67
3893.56	364.55
3908.36	364.43
3923.17	364.30

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
3937.97	364.18
3952.77	364.06
3967.58	363.93
3982.38	363.81
3997.19	363.69
4011.99	363.57
4026.80	363.44
4041.60	363.32
4056.41	363.20
4071.21	363.07
4086.01	362.95
4100.82	362.83
4115.62	362.71
4130.43	362.58
4145.23	362.46
4160.04	362.34
4174.84	362.21
4189.65	362.09
4204.45	361.97
4219.25	361.85
4234.06	361.72
4248.86	361.60
4263.67	361.48
4278.47	361.35
4293.28	361.23
4308.08	361.11
4322.88	360.99
4337.69	360.86
4352.49	360.74
4367.30	360.62
4382.10	360.49
4396.91	360.37
4411.71	360.25
4426.52	360.12
4441.32	360.00
4456.12	359.88
4470.93	359.76

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
4485.73	359.63
4500.54	359.51
4515.34	359.39
4530.15	359.26
4544.95	359.14
4559.76	359.02
4574.56	358.90
4589.36	358.77
4604.17	358.65
4618.97	358.53
4633.78	358.40
4648.58	358.28
4663.39	358.16
4678.19	358.04
4692.99	357.91
4707.80	357.79
4722.60	357.67
4737.41	357.54
4752.21	357.42
4767.02	357.30
4781.82	357.18
4796.63	357.05
4811.43	356.93
4826.23	356.81
4841.04	356.68
4855.84	356.56
4870.65	356.44
4885.45	356.31
4900.26	356.19
4915.06	356.07
4929.87	355.95
4944.67	355.82
4959.47	355.70
4974.28	355.58
4989.08	355.45
5003.89	355.33
5018.69	355.21

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
5033.50	355.09
5048.30	354.96
5063.10	354.84
5077.91	354.72
5092.71	354.59
5107.52	354.47
5122.32	354.35
5137.13	354.23
5151.93	354.10
5166.74	353.98
5181.54	353.86
5196.34	353.73
5211.15	353.61
5225.95	353.49
5240.76	353.37
5255.56	353.24
5270.37	353.12
5285.17	353.00
5299.98	352.87
5314.78	352.75
5329.58	352.63
5344.39	352.50
5359.19	352.38
5374.00	352.26
5388.80	352.14
5403.61	352.01
5418.41	351.89
5433.21	351.77
5448.02	351.64
5462.82	351.52
5477.63	351.40
5492.43	351.28
5507.24	351.15
5522.04	351.03
5536.85	350.91
5551.65	350.78
5566.45	350.66

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
5581.26	350.54
5596.06	350.42
5610.87	350.29
5625.67	350.17
5640.48	350.05
5655.28	349.92
5670.09	349.80
5684.89	349.68
5699.69	349.56
5714.50	349.43
5729.30	349.31
5744.11	349.19
5758.91	349.06
5773.72	348.94
5788.52	348.82
5803.32	348.69
5818.13	348.57
5832.93	348.45
5847.74	348.33
5862.54	348.20
5877.35	348.08
5892.15	347.96
5906.96	347.83
5921.76	347.71
5936.56	347.59
5951.37	347.47
5966.17	347.34
5980.98	347.22
5995.78	347.10
6010.59	346.97
6025.39	346.85
6040.20	346.73
6055.00	346.61
6069.80	346.48
6084.61	346.36
6099.41	346.24
6114.22	346.11

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
6129.02	345.99
6143.83	345.87
6158.63	345.75
6173.43	345.62
6188.24	345.50
6203.04	345.38
6217.85	345.25
6232.65	345.13
6247.46	345.01
6262.26	344.88
6277.07	344.76
6291.87	344.64
6306.67	344.52
6321.48	344.39
6336.28	344.27
6351.09	344.15
6365.89	344.02
6380.70	343.90
6395.50	343.78
6410.31	343.66
6425.11	343.53
6439.91	343.41
6454.72	343.29
6469.52	343.16
6484.33	343.04
6499.13	342.92

b) Régimen transitorio

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
0.00	420.50	339.70
14.80	420.48	339.64
29.61	420.41	339.58
44.41	420.33	339.52
59.22	420.26	339.46
74.02	420.18	339.40
88.83	420.11	339.34
103.63	420.04	339.28
118.44	419.96	339.22
133.24	420.01	339.16
148.04	419.10	339.10
162.85	418.16	339.04
177.65	418.10	338.98
192.46	418.03	338.92
207.26	418.25	338.86
222.07	418.62	338.80
236.87	419.59	338.74
251.67	419.55	338.68
266.48	419.48	338.62
281.28	419.40	338.56
296.09	419.33	338.50
310.89	419.25	338.44
325.70	419.18	338.38
340.50	419.10	338.32
355.31	419.16	338.26
370.11	419.05	338.20
384.91	412.28	338.14
399.72	412.31	338.08
414.52	412.35	338.02
429.33	412.41	337.96
444.13	412.47	337.90
458.94	412.58	337.84
473.74	412.66	337.78
488.55	412.82	337.73
503.35	412.91	337.67
518.15	413.22	337.61

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
532.96	413.29	337.55
547.76	413.45	337.49
562.57	413.48	337.43
577.37	413.42	337.37
592.18	413.35	337.31
606.98	413.28	337.25
621.78	413.22	337.19
636.59	413.15	337.13
651.39	413.09	337.07
666.20	413.02	337.01
681.00	413.09	336.95
695.81	412.99	336.89
710.61	412.89	336.83
725.42	412.79	336.77
740.22	412.70	336.71
755.02	412.60	336.65
769.83	412.50	336.60
784.63	412.40	336.54
799.44	412.30	336.48
814.24	412.21	336.42
829.05	412.11	336.36
843.85	412.01	336.30
858.66	411.91	336.24
873.46	411.82	336.18
888.26	411.72	336.12
903.07	411.62	336.06
917.87	411.52	336.00
932.68	411.42	335.94
947.48	411.33	335.88
962.29	411.23	335.82
977.09	411.13	335.76
991.89	411.03	335.70
1006.70	410.94	335.64
1021.50	410.84	335.59
1036.31	410.74	335.53
1051.11	410.64	335.47

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
1065.92	410.55	335.41
1080.72	410.45	335.35
1095.53	410.35	335.29
1110.33	410.26	335.23
1125.13	410.16	335.17
1139.94	410.06	335.11
1154.74	409.96	335.05
1169.55	409.87	334.99
1184.35	409.77	334.93
1199.16	409.67	334.87
1213.96	409.58	334.81
1228.77	409.48	334.75
1243.57	409.38	334.69
1258.37	409.28	334.63
1273.18	409.19	334.57
1287.98	409.09	334.51
1302.79	408.99	334.46
1317.59	408.90	334.40
1332.40	408.80	334.34
1347.20	408.70	334.28
1362.00	408.61	334.22
1376.81	409.28	334.16
1391.61	409.25	334.10
1406.42	409.19	334.04
1421.22	409.12	333.98
1436.03	409.06	333.92
1450.83	409.00	333.86
1465.64	409.03	333.80
1480.44	408.97	333.74
1495.24	408.95	333.68
1510.05	408.87	333.62
1524.85	408.81	333.56
1539.66	408.71	333.50
1554.46	408.69	333.44
1569.27	408.58	333.38
1584.07	408.66	333.32

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
1598.88	407.81	333.26
1613.68	406.78	333.20
1628.48	406.41	333.14
1643.29	406.32	333.08
1658.09	406.24	333.02
1672.90	406.16	332.96
1687.70	406.08	332.90
1702.51	406.00	332.85
1717.31	405.92	332.79
1732.11	405.83	332.73
1746.92	405.75	332.67
1761.72	405.67	332.61
1776.53	405.59	332.55
1791.33	405.51	332.49
1806.14	405.51	332.43
1820.94	405.45	332.37
1835.75	405.39	332.31
1850.55	405.32	332.25
1865.35	405.26	332.19
1880.16	405.20	332.13
1894.96	405.14	332.07
1909.77	405.08	332.01
1924.57	405.17	331.95
1939.38	403.65	331.89
1954.18	403.56	331.83
1968.99	403.46	331.77
1983.79	403.37	331.71
1998.59	403.27	331.65
2013.40	403.17	331.59
2028.20	403.08	331.53
2043.01	402.98	331.47
2057.81	402.89	331.41
2072.62	402.79	331.35
2087.42	402.70	331.29
2102.22	402.60	331.22
2117.03	402.50	331.16

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
2131.83	402.41	331.10
2146.64	402.31	331.04
2161.44	402.22	330.98
2176.25	402.12	330.92
2191.05	402.03	330.86
2205.86	401.93	330.80
2220.66	401.84	330.74
2235.46	401.74	330.68
2250.27	401.65	330.62
2265.07	401.55	330.56
2279.88	401.46	330.50
2294.68	401.36	330.44
2309.49	401.27	330.38
2324.29	401.17	330.32
2339.10	401.08	330.26
2353.90	400.98	330.20
2368.70	400.89	330.14
2383.51	400.80	330.08
2398.31	400.70	330.02
2413.12	400.61	329.96
2427.92	400.51	329.89
2442.73	400.42	329.83
2457.53	400.32	329.77
2472.33	400.25	329.71
2487.14	400.08	329.65
2501.94	400.00	329.59
2516.75	399.92	329.53
2531.55	399.84	329.47
2546.36	399.76	329.41
2561.16	399.68	329.35
2575.97	399.60	329.29
2590.77	399.52	329.23
2605.57	399.44	329.16
2620.38	399.36	329.10
2635.18	399.28	329.04
2649.99	399.20	328.98

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
2664.79	399.11	328.92
2679.60	399.03	328.86
2694.40	398.95	328.80
2709.21	398.87	328.74
2724.01	398.79	328.68
2738.81	398.71	328.61
2753.62	398.63	328.55
2768.42	398.55	328.49
2783.23	398.47	328.43
2798.03	398.39	328.37
2812.84	398.31	328.31
2827.64	398.23	328.25
2842.44	398.15	328.18
2857.25	398.07	328.12
2872.05	397.99	328.06
2886.86	397.92	328.00
2901.66	397.84	327.94
2916.47	397.76	327.88
2931.27	397.68	327.82
2946.08	397.60	327.75
2960.88	397.52	327.69
2975.68	397.44	327.63
2990.49	397.36	327.57
3005.29	397.28	327.51
3020.10	397.20	327.45
3034.90	397.12	327.38
3049.71	397.04	327.32
3064.51	396.97	327.26
3079.32	396.89	327.20
3094.12	396.81	327.14
3108.92	396.73	327.07
3123.73	396.65	327.01
3138.53	396.57	326.95
3153.34	396.49	326.89
3168.14	396.42	326.83
3182.95	396.34	326.76

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
3197.75	396.26	326.70
3212.55	396.18	326.64
3227.36	396.10	326.58
3242.16	396.03	326.51
3256.97	395.95	326.45
3271.77	395.87	326.39
3286.58	395.79	326.33
3301.38	395.71	326.27
3316.19	395.64	326.20
3330.99	395.56	326.14
3345.79	395.48	326.08
3360.60	395.40	326.02
3375.40	395.33	325.95
3390.21	395.25	325.89
3405.01	395.17	325.83
3419.82	395.09	325.76
3434.62	395.02	325.70
3449.43	394.94	325.64
3464.23	394.86	325.58
3479.03	394.79	325.51
3493.84	394.71	325.45
3508.64	394.63	325.39
3523.45	394.56	325.33
3538.25	394.48	325.26
3553.06	394.40	325.20
3567.86	394.33	325.14
3582.66	394.25	325.07
3597.47	394.17	325.01
3612.27	394.10	324.95
3627.08	394.02	324.88
3641.88	393.94	324.82
3656.69	393.87	324.76
3671.49	393.79	324.69
3686.30	393.72	324.63
3701.10	393.64	324.57
3715.90	393.56	324.50

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
3730.71	393.49	324.44
3745.51	393.41	324.38
3760.32	393.34	324.31
3775.12	393.26	324.25
3789.93	393.18	324.19
3804.73	393.11	324.12
3819.54	393.03	324.06
3834.34	392.96	324.00
3849.14	392.88	323.93
3863.95	392.81	323.87
3878.75	392.73	323.80
3893.56	392.66	323.74
3908.36	392.58	323.68
3923.17	392.51	323.61
3937.97	392.43	323.55
3952.77	392.36	323.48
3967.58	392.28	323.42
3982.38	392.21	323.36
3997.19	392.13	323.29
4011.99	392.06	323.23
4026.80	391.98	323.16
4041.60	391.91	323.10
4056.41	391.83	323.03
4071.21	391.76	322.97
4086.01	391.68	322.91
4100.82	391.61	322.84
4115.62	391.54	322.78
4130.43	391.46	322.71
4145.23	391.39	322.65
4160.04	391.31	322.58
4174.84	391.24	322.52
4189.65	391.16	322.45
4204.45	391.09	322.39
4219.25	391.02	322.32
4234.06	390.94	322.26
4248.86	390.87	322.19

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
4263.67	390.79	322.13
4278.47	390.72	322.07
4293.28	390.65	322.00
4308.08	390.57	321.94
4322.88	390.50	321.87
4337.69	390.43	321.86
4352.49	390.35	321.90
4367.30	390.28	321.94
4382.10	390.21	321.98
4396.91	390.13	322.02
4411.71	390.06	322.06
4426.52	389.99	322.10
4441.32	389.91	322.15
4456.12	389.84	322.19
4470.93	389.77	322.23
4485.73	389.70	322.27
4500.54	389.62	322.31
4515.34	389.55	322.35
4530.15	389.48	322.39
4544.95	389.40	322.43
4559.76	389.33	322.47
4574.56	389.26	322.51
4589.36	389.19	322.55
4604.17	389.11	322.59
4618.97	389.04	322.63
4633.78	388.97	322.66
4648.58	388.90	322.70
4663.39	388.83	322.74
4678.19	388.75	322.78
4692.99	388.68	322.82
4707.80	388.61	322.86
4722.60	388.54	322.90
4737.41	388.47	322.94
4752.21	388.39	322.97
4767.02	388.32	323.01
4781.82	388.25	323.05

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
4796.63	388.18	323.09
4811.43	388.11	323.13
4826.23	388.04	323.16
4841.04	387.96	323.20
4855.84	387.89	323.24
4870.65	387.82	323.28
4885.45	387.75	323.31
4900.26	387.68	323.35
4915.06	387.61	323.39
4929.87	387.54	323.43
4944.67	387.46	323.46
4959.47	387.39	323.50
4974.28	387.32	323.54
4989.08	387.25	323.57
5003.89	387.18	323.61
5018.69	387.11	323.64
5033.50	387.04	323.68
5048.30	386.97	323.72
5063.10	386.90	323.75
5077.91	386.83	323.79
5092.71	386.76	323.82
5107.52	386.69	323.86
5122.32	386.61	323.89
5137.13	386.54	323.93
5151.93	386.47	323.96
5166.74	386.40	324.00
5181.54	386.33	324.03
5196.34	386.26	324.07
5211.15	386.19	324.10
5225.95	386.12	324.13
5240.76	386.05	324.17
5255.56	385.98	324.20
5270.37	385.91	324.24
5285.17	385.84	324.27
5299.98	385.77	324.30
5314.78	385.70	324.34

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
5329.58	385.63	324.37
5344.39	385.56	324.40
5359.19	385.49	324.44
5374.00	385.42	324.47
5388.80	385.35	324.50
5403.61	385.28	324.53
5418.41	385.22	324.57
5433.21	385.15	324.60
5448.02	385.08	324.63
5462.82	385.01	324.66
5477.63	384.94	324.69
5492.43	384.87	324.73
5507.24	384.80	324.76
5522.04	384.73	324.79
5536.85	384.66	324.82
5551.65	384.59	324.85
5566.45	384.52	324.88
5581.26	384.45	324.91
5596.06	384.39	324.94
5610.87	384.32	324.97
5625.67	384.25	325.00
5640.48	384.18	325.03
5655.28	384.11	325.06
5670.09	384.04	325.09
5684.89	383.97	325.56
5699.69	383.90	325.48
5714.50	383.84	325.41
5729.30	383.77	325.33
5744.11	383.70	325.25
5758.91	383.63	325.17
5773.72	383.56	325.09
5788.52	383.49	325.02
5803.32	383.43	324.94
5818.13	383.36	324.86
5832.93	383.29	324.78
5847.74	383.22	324.70

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
5862.54	383.15	324.63
5877.35	383.09	324.55
5892.15	383.02	324.47
5906.96	382.95	324.39
5921.76	382.88	324.32
5936.56	382.81	324.24
5951.37	382.75	324.16
5966.17	382.68	324.08
5980.98	382.61	324.01
5995.78	382.54	323.93
6010.59	382.48	323.85
6025.39	382.41	323.77
6040.20	382.34	323.70
6055.00	382.27	323.62
6069.80	382.21	323.54
6084.61	382.14	323.47
6099.41	382.07	324.99
6114.22	382.00	329.74
6129.02	381.94	335.78
6143.83	381.87	335.65
6158.63	381.80	335.55
6173.43	381.73	335.45
6188.24	381.67	335.35
6203.04	381.60	335.25
6217.85	381.53	335.15
6232.65	381.47	335.05
6247.46	381.40	334.95
6262.26	381.33	334.85
6277.07	381.26	334.75
6291.87	381.20	334.65
6306.67	381.13	334.55
6321.48	381.07	334.45
6336.28	380.99	334.35
6351.09	380.94	334.25
6365.89	380.87	334.15
6380.70	380.83	334.04

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
6395.50	380.64	333.94
6410.31	380.05	333.84
6425.11	379.45	333.74
6439.91	378.83	333.64
6454.72	378.20	333.54
6469.52	377.57	333.45
6484.33	376.93	333.35
6499.13	376.28	337.39

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
0.000	220.698	24.277	139.896	15.389
14.804	218.775	24.065	137.930	15.172
29.609	218.629	24.049	137.795	15.157
44.413	218.478	24.033	137.660	15.143
59.218	218.328	24.016	137.526	15.128
74.022	218.179	24.000	137.391	15.113
88.826	218.031	23.983	137.256	15.098
103.631	217.881	23.967	137.122	15.083
118.435	217.730	23.950	136.987	15.069
133.240	217.707	23.948	136.853	15.054
148.044	216.725	23.840	136.718	15.039
162.848	215.710	23.728	136.583	15.024
177.653	215.576	23.713	136.449	15.009
192.457	213.731	23.510	134.622	14.808
207.262	211.457	23.260	132.062	14.527
222.066	211.747	23.292	131.929	14.512
236.870	212.651	23.392	131.796	14.498
251.675	212.538	23.379	131.662	14.483
266.479	212.390	23.363	131.529	14.468
281.284	213.763	23.514	132.919	14.621

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
296.088	216.937	23.863	136.108	14.972
310.892	219.777	24.176	138.963	15.286
325.697	219.628	24.159	138.828	15.271
340.501	219.118	24.103	138.335	15.217
355.306	217.583	23.934	136.686	15.036
370.110	215.891	23.748	135.038	14.854
384.914	208.451	22.930	134.310	14.774
399.719	208.274	22.910	134.050	14.745
414.523	208.115	22.893	133.790	14.717
429.328	207.975	22.877	133.530	14.688
444.132	207.841	22.862	133.271	14.660
458.936	207.742	22.852	133.011	14.631
473.741	207.622	22.838	132.751	14.603
488.545	207.584	22.834	132.491	14.574
503.350	207.476	22.822	132.232	14.545
518.154	207.584	22.834	131.972	14.517
532.958	207.453	22.820	131.712	14.488
547.763	207.420	22.816	131.453	14.460
562.567	207.246	22.797	131.193	14.431
577.372	206.983	22.768	130.933	14.403
592.176	206.716	22.739	130.674	14.374
606.980	206.448	22.709	130.414	14.346
621.785	206.183	22.680	130.155	14.317
636.589	205.918	22.651	129.895	14.288
651.394	205.651	22.622	129.635	14.260
666.198	205.383	22.592	129.376	14.231
681.002	205.251	22.578	129.116	14.203
695.807	204.953	22.545	128.856	14.174
710.611	204.655	22.512	128.597	14.146
725.416	205.332	22.587	129.312	14.224
740.220	206.709	22.738	130.728	14.380
755.024	206.878	22.757	130.935	14.403
769.829	206.632	22.730	130.727	14.380
784.633	206.386	22.702	130.520	14.357

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
799.438	206.140	22.675	130.312	14.334
814.242	205.894	22.648	130.105	14.312
829.046	205.649	22.621	129.897	14.289
843.851	205.403	22.594	129.690	14.266
858.655	205.157	22.567	129.483	14.243
873.460	204.911	22.540	129.275	14.220
888.264	204.666	22.513	129.068	14.197
903.068	204.420	22.486	128.860	14.175
917.873	204.174	22.459	128.653	14.152
932.677	203.928	22.432	128.445	14.129
947.482	203.683	22.405	128.238	14.106
962.286	203.437	22.378	128.031	14.083
977.090	203.192	22.351	127.823	14.061
991.895	202.946	22.324	127.616	14.038
1006.699	202.701	22.297	127.408	14.015
1021.504	202.455	22.270	127.201	13.992
1036.308	202.210	22.243	126.993	13.969
1051.112	201.964	22.216	126.786	13.946
1065.917	201.719	22.189	126.579	13.924
1080.721	201.474	22.162	126.371	13.901
1095.526	201.228	22.135	126.164	13.878
1110.330	200.983	22.108	125.956	13.855
1125.134	200.738	22.081	125.749	13.832
1139.939	200.493	22.054	125.541	13.810
1154.743	200.247	22.027	125.334	13.787
1169.548	200.002	22.000	125.126	13.764
1184.352	199.757	21.973	124.919	13.741
1199.156	198.964	21.886	124.163	13.658
1213.961	197.378	21.712	122.616	13.488
1228.765	195.793	21.537	121.068	13.318
1243.570	194.208	21.363	119.521	13.147
1258.374	192.623	21.189	117.973	12.977
1273.178	191.189	21.031	116.577	12.823
1287.983	191.019	21.012	116.444	12.809

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
1302.787	190.848	20.993	116.311	12.794
1317.592	190.677	20.974	116.178	12.780
1332.396	190.508	20.956	116.045	12.765
1347.200	190.259	20.928	115.834	12.742
1362.005	189.054	20.796	114.665	12.613
1376.809	188.616	20.748	113.495	12.484
1391.614	187.480	20.623	112.325	12.356
1406.418	186.440	20.508	111.289	12.242
1421.222	186.300	20.493	111.156	12.227
1436.027	186.161	20.478	111.023	12.213
1450.831	186.026	20.463	110.890	12.198
1465.636	185.989	20.459	110.757	12.183
1480.440	185.853	20.444	110.623	12.169
1495.244	185.754	20.433	110.490	12.154
1510.049	185.603	20.416	110.357	12.139
1524.853	185.470	20.402	110.224	12.125
1539.658	185.300	20.383	110.090	12.110
1554.462	185.202	20.372	109.957	12.095
1569.266	185.018	20.352	109.824	12.081
1584.071	185.029	20.353	109.691	12.066
1598.875	184.103	20.251	109.557	12.051
1613.680	183.996	20.240	110.419	12.146
1628.484	185.024	20.353	111.762	12.294
1643.288	186.345	20.498	113.105	12.442
1658.093	187.666	20.643	114.447	12.589
1672.897	188.711	20.758	115.514	12.707
1687.702	188.519	20.737	115.344	12.688
1702.506	188.325	20.716	115.173	12.669
1717.310	188.133	20.695	115.002	12.650
1732.115	187.941	20.673	114.832	12.631
1746.919	187.749	20.652	114.661	12.613
1761.724	187.556	20.631	114.490	12.594
1776.528	187.364	20.610	114.319	12.575
1791.332	187.171	20.589	114.148	12.556

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
1806.137	187.058	20.576	113.978	12.538
1820.941	186.889	20.558	113.807	12.519
1835.746	186.715	20.539	113.636	12.500
1850.550	186.242	20.487	113.166	12.448
1865.354	185.662	20.423	112.588	12.385
1880.159	185.084	20.359	112.009	12.321
1894.963	184.502	20.295	111.430	12.257
1909.768	183.920	20.231	110.852	12.194
1924.572	183.494	20.184	110.273	12.130
1939.376	181.462	19.961	109.694	12.066
1954.181	180.263	19.829	108.531	11.938
1968.985	178.392	19.623	106.696	11.737
1983.790	177.623	19.538	105.962	11.656
1998.594	177.401	19.514	105.777	11.635
2013.398	177.180	19.490	105.591	11.615
2028.203	176.959	19.465	105.406	11.595
2043.007	176.737	19.441	105.220	11.574
2057.812	176.516	19.417	105.034	11.554
2072.616	176.294	19.392	104.849	11.533
2087.420	176.073	19.368	104.663	11.513
2102.225	174.525	19.198	103.150	11.346
2117.029	172.759	19.004	101.419	11.156
2131.834	170.994	18.809	99.689	10.966
2146.638	169.228	18.615	97.959	10.775
2161.442	167.463	18.421	96.228	10.585
2176.247	165.698	18.227	94.498	10.395
2191.051	164.033	18.044	92.868	10.215
2205.856	162.457	17.870	91.327	10.046
2220.660	160.882	17.697	89.786	9.877
2235.464	159.306	17.524	88.246	9.707
2250.269	157.731	17.350	86.705	9.538
2265.073	156.156	17.177	85.164	9.368
2279.878	154.580	17.004	83.623	9.199
2294.682	152.869	16.816	81.946	9.014

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
2309.486	151.109	16.622	80.221	8.824
2324.291	149.349	16.428	78.495	8.634
2339.095	147.590	16.235	76.769	8.445
2353.900	145.830	16.041	75.044	8.255
2368.704	144.070	15.848	73.318	8.065
2383.508	142.819	15.710	72.100	7.931
2398.313	142.530	15.678	71.847	7.903
2413.117	142.245	15.647	71.593	7.875
2427.922	141.954	15.615	71.340	7.847
2442.726	141.675	15.584	71.086	7.819
2457.530	141.384	15.552	70.832	7.792
2472.335	141.112	15.522	70.579	7.764
2487.139	140.758	15.483	70.325	7.736
2501.944	140.484	15.453	70.071	7.708
2516.748	140.210	15.423	69.818	7.680
2531.552	139.936	15.393	69.564	7.652
2546.357	139.663	15.363	69.310	7.624
2561.161	139.389	15.333	69.056	7.596
2575.966	140.276	15.430	69.963	7.696
2590.770	141.676	15.584	71.384	7.852
2605.574	143.077	15.738	72.804	8.008
2620.379	144.477	15.892	74.224	8.165
2635.183	145.878	16.047	75.644	8.321
2649.988	147.279	16.201	77.064	8.477
2664.792	148.679	16.355	78.485	8.633
2679.596	150.080	16.509	79.905	8.790
2694.401	151.481	16.663	81.325	8.946
2709.205	152.882	16.817	82.745	9.102
2724.010	154.283	16.971	84.165	9.258
2738.814	155.684	17.125	85.585	9.414
2753.618	156.390	17.203	86.310	9.494
2768.423	156.162	17.178	86.100	9.471
2783.227	155.933	17.153	85.890	9.448
2798.032	155.705	17.128	85.681	9.425

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
2812.836	155.477	17.102	85.471	9.402
2827.640	155.249	17.077	85.261	9.379
2842.445	155.021	17.052	85.051	9.356
2857.249	154.793	17.027	84.842	9.333
2872.054	154.565	17.002	84.632	9.309
2886.858	154.337	16.977	84.422	9.286
2901.662	154.066	16.947	84.169	9.259
2916.467	152.876	16.816	82.997	9.130
2931.271	151.685	16.685	81.824	9.001
2946.076	150.495	16.554	80.651	8.872
2960.880	149.305	16.424	79.479	8.743
2975.684	148.115	16.293	78.306	8.614
2990.489	146.925	16.162	77.133	8.485
3005.293	145.735	16.031	75.960	8.356
3020.098	145.101	15.961	75.344	8.288
3034.902	144.928	15.942	75.188	8.271
3049.706	144.755	15.923	75.031	8.253
3064.511	144.582	15.904	74.875	8.236
3079.315	144.409	15.885	74.719	8.219
3094.120	144.236	15.866	74.563	8.202
3108.924	144.063	15.847	74.407	8.185
3123.728	143.890	15.828	74.250	8.168
3138.533	143.717	15.809	74.094	8.150
3153.337	143.545	15.790	73.938	8.133
3168.142	143.372	15.771	73.781	8.116
3182.946	143.200	15.752	73.625	8.099
3197.750	143.027	15.733	73.468	8.082
3212.555	142.855	15.714	73.312	8.064
3227.359	142.682	15.695	73.155	8.047
3242.164	142.510	15.676	72.999	8.030
3256.968	141.778	15.596	72.282	7.951
3271.772	140.945	15.504	71.465	7.861
3286.577	140.113	15.412	70.649	7.771
3301.381	139.281	15.321	69.832	7.682

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
3316.186	138.449	15.229	69.015	7.592
3330.990	137.617	15.138	68.198	7.502
3345.795	136.786	15.046	67.382	7.412
3360.599	135.954	14.955	66.565	7.322
3375.403	135.246	14.877	65.872	7.246
3390.208	134.797	14.828	65.438	7.198
3405.012	134.348	14.778	65.003	7.150
3419.817	133.899	14.729	64.569	7.103
3434.621	133.450	14.679	64.134	7.055
3449.425	133.001	14.630	63.699	7.007
3464.230	132.552	14.581	63.265	6.959
3479.034	132.103	14.531	62.830	6.911
3493.839	131.654	14.482	62.396	6.864
3508.643	131.004	14.410	61.759	6.793
3523.447	130.238	14.326	61.007	6.711
3538.252	129.473	14.242	60.256	6.628
3553.056	128.708	14.158	59.504	6.545
3567.861	127.943	14.074	58.753	6.463
3582.665	127.177	13.990	58.001	6.380
3597.469	126.413	13.905	57.249	6.297
3612.274	125.647	13.821	56.498	6.215
3627.078	124.883	13.737	55.746	6.132
3641.883	124.118	13.653	54.994	6.049
3656.687	123.569	13.593	54.459	5.990
3671.491	123.264	13.559	54.166	5.958
3686.296	122.958	13.525	53.873	5.926
3701.100	122.652	13.492	53.579	5.894
3715.905	122.346	13.458	53.286	5.861
3730.709	122.040	13.424	52.993	5.829
3745.513	121.735	13.391	52.700	5.797
3760.318	121.429	13.357	52.407	5.765
3775.122	121.124	13.324	52.113	5.732
3789.927	121.030	13.313	52.031	5.723
3804.731	122.068	13.428	53.082	5.839

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
3819.535	123.107	13.542	54.133	5.955
3834.340	124.146	13.656	55.184	6.070
3849.144	125.185	13.770	56.234	6.186
3863.949	126.225	13.885	57.285	6.301
3878.753	127.264	13.999	58.336	6.417
3893.557	127.305	14.004	58.388	6.423
3908.362	126.509	13.916	57.604	6.336
3923.166	125.714	13.829	56.820	6.250
3937.971	123.356	13.569	54.473	5.992
3952.775	119.763	13.174	50.891	5.598
3967.579	116.170	12.779	47.308	5.204
3982.384	113.171	12.449	44.320	4.875
3997.188	114.808	12.629	45.968	5.057
4011.993	116.206	12.783	47.377	5.211
4026.797	115.970	12.757	47.152	5.187
4041.601	115.735	12.731	46.926	5.162
4056.406	115.499	12.705	46.701	5.137
4071.210	115.263	12.679	46.476	5.112
4086.015	114.042	12.545	45.264	4.979
4100.819	112.151	12.337	43.383	4.772
4115.623	110.260	12.129	41.502	4.565
4130.428	108.368	11.921	39.620	4.358
4145.232	106.477	11.713	37.739	4.151
4160.037	104.586	11.504	35.857	3.944
4174.841	103.688	11.406	34.969	3.847
4189.645	103.322	11.365	34.612	3.807
4204.450	103.768	11.414	35.067	3.857
4219.254	104.687	11.516	35.995	3.959
4234.059	105.607	11.617	36.924	4.062
4248.863	106.526	11.718	37.853	4.164
4263.667	107.446	11.819	38.781	4.266
4278.472	108.366	11.920	39.710	4.368
4293.276	109.285	12.021	40.638	4.470
4308.081	105.359	11.589	36.720	4.039

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
4322.885	104.511	11.496	35.881	3.947
4337.689	103.663	11.403	35.095	3.860
4352.494	102.816	11.310	34.362	3.780
4367.298	101.968	11.216	33.629	3.699
4382.103	101.121	11.123	32.896	3.619
4396.907	100.273	11.030	32.162	3.538
4411.711	99.090	10.900	31.093	3.420
4426.516	97.033	10.674	29.150	3.207
4441.320	94.976	10.447	27.207	2.993
4456.125	92.919	10.221	25.264	2.779
4470.929	90.863	9.995	23.321	2.565
4485.733	88.806	9.769	21.378	2.352
4500.538	86.750	9.542	19.434	2.138
4515.342	85.886	9.448	18.684	2.055
4530.147	85.250	9.378	18.160	1.998
4544.951	84.614	9.307	17.636	1.940
4559.755	83.977	9.237	17.112	1.882
4574.560	83.341	9.168	16.588	1.825
4589.364	82.705	9.098	16.064	1.767
4604.169	82.069	9.028	15.540	1.709
4618.973	81.433	8.958	15.016	1.652
4633.777	80.796	8.888	14.491	1.594
4648.582	80.160	8.818	13.967	1.536
4663.386	79.525	8.748	13.442	1.479
4678.191	78.889	8.678	12.917	1.421
4692.995	78.253	8.608	12.392	1.363
4707.799	77.617	8.538	11.867	1.305
4722.604	76.981	8.468	11.342	1.248
4737.408	76.346	8.398	10.817	1.190
4752.213	75.710	8.328	10.291	1.132
4767.017	75.384	8.292	10.075	1.108
4781.821	75.251	8.278	10.052	1.106
4796.626	75.118	8.263	10.029	1.103
4811.430	74.985	8.248	10.005	1.101

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
4826.235	74.852	8.234	9.982	1.098
4841.039	74.719	8.219	9.958	1.095
4855.843	74.586	8.204	9.934	1.093
4870.648	74.453	8.190	9.910	1.090
4885.452	74.321	8.175	9.886	1.087
4900.257	74.188	8.161	9.862	1.085
4915.061	73.860	8.125	9.642	1.061
4929.865	73.168	8.048	9.057	0.996
4944.670	72.475	7.972	8.473	0.932
4959.474	71.783	7.896	7.888	0.868
4974.279	71.090	7.820	7.303	0.803
4989.083	70.398	7.744	6.718	0.739
5003.887	69.705	7.668	6.133	0.675
5018.692	69.013	7.591	5.547	0.610
5033.496	68.321	7.515	4.962	0.546
5048.301	67.921	7.471	4.669	0.514
5063.105	67.721	7.449	4.575	0.503
5077.909	67.521	7.427	4.481	0.493
5092.714	67.320	7.405	4.387	0.483
5107.518	67.121	7.383	4.293	0.472
5122.323	66.921	7.361	4.198	0.462
5137.127	66.721	7.339	4.104	0.451
5151.931	66.521	7.317	4.009	0.441
5166.736	66.321	7.295	3.915	0.431
5181.540	66.315	7.295	4.014	0.442
5196.345	67.248	7.397	5.051	0.556
5211.149	68.180	7.500	6.088	0.670
5225.953	68.920	7.581	6.932	0.762
5240.758	68.885	7.577	7.001	0.770
5255.562	69.985	7.698	8.205	0.903
5270.367	72.265	7.949	10.589	1.165
5285.171	73.680	8.105	12.107	1.332
5299.975	72.888	8.018	11.419	1.256
5314.780	72.097	7.931	10.731	1.180

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
5329.584	71.306	7.844	10.043	1.105
5344.389	70.515	7.757	9.355	1.029
5359.193	69.725	7.670	8.667	0.953
5373.997	68.934	7.583	7.978	0.878
5388.802	68.143	7.496	7.290	0.802
5403.606	67.352	7.409	6.601	0.726
5418.411	66.561	7.322	5.912	0.650
5433.215	65.771	7.235	5.223	0.575
5448.019	64.980	7.148	4.534	0.499
5462.824	64.190	7.061	3.845	0.423
5477.628	63.399	6.974	3.155	0.347
5492.433	62.609	6.887	2.466	0.271
5507.237	61.818	6.800	1.776	0.195
5522.041	61.028	6.713	1.086	0.119
5536.846	60.238	6.626	0.396	0.044
5551.650	59.705	6.568	-0.037	-0.004
5566.455	59.567	6.552	-0.075	-0.008
5581.259	59.429	6.537	-0.114	-0.013
5596.063	59.291	6.522	-0.152	-0.017
5610.868	59.153	6.507	-0.191	-0.021
5625.672	59.015	6.492	-0.230	-0.025
5640.477	58.877	6.476	-0.269	-0.030
5655.281	58.739	6.461	-0.309	-0.034
5670.085	58.601	6.446	-0.348	-0.038
5684.890	58.409	6.425	0.000	0.000
5699.694	58.147	6.396	-0.273	-0.030
5714.499	57.885	6.367	-0.545	-0.060
5729.303	57.622	6.338	-0.817	-0.090
5744.107	57.360	6.310	-1.089	-0.120
5758.912	57.098	6.281	-1.361	-0.150
5773.716	56.836	6.252	-1.633	-0.180
5788.521	56.574	6.223	-1.905	-0.210
5803.325	56.312	6.194	-2.177	-0.239
5818.129	56.050	6.165	-2.448	-0.269

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
5832.934	55.788	6.137	-2.720	-0.299
5847.738	55.526	6.108	-2.992	-0.329
5862.543	55.264	6.079	-3.263	-0.359
5877.347	55.002	6.050	-3.535	-0.389
5892.151	54.740	6.021	-3.806	-0.419
5906.956	54.479	5.993	-4.078	-0.449
5921.760	54.217	5.964	-4.349	-0.478
5936.565	53.695	5.906	-4.881	-0.537
5951.369	53.068	5.837	-5.517	-0.607
5966.173	52.442	5.769	-6.153	-0.677
5980.978	51.815	5.700	-6.790	-0.747
5995.782	51.188	5.631	-7.426	-0.817
6010.587	50.562	5.562	-8.062	-0.887
6025.391	49.935	5.493	-8.698	-0.957
6040.195	49.309	5.424	-9.334	-1.027
6055.000	48.683	5.355	-9.970	-1.097
6069.804	48.056	5.286	-10.606	-1.167
6084.609	47.430	5.217	-11.241	-1.237
6099.413	46.804	5.148	-10.273	-1.130
6114.217	46.177	5.080	-6.082	-0.669
6129.022	46.148	5.076	-0.010	-0.001
6143.826	47.433	5.218	1.219	0.134
6158.631	48.718	5.359	2.470	0.272
6173.435	50.003	5.500	3.721	0.409
6188.239	51.288	5.642	4.973	0.547
6203.044	52.051	5.726	5.702	0.627
6217.848	51.708	5.688	5.325	0.586
6232.653	51.364	5.650	4.948	0.544
6247.457	51.020	5.612	4.570	0.503
6262.261	50.677	5.574	4.193	0.461
6277.066	50.333	5.537	3.816	0.420
6291.870	49.991	5.499	3.439	0.378
6306.675	49.645	5.461	3.061	0.337
6321.479	49.306	5.424	2.684	0.295

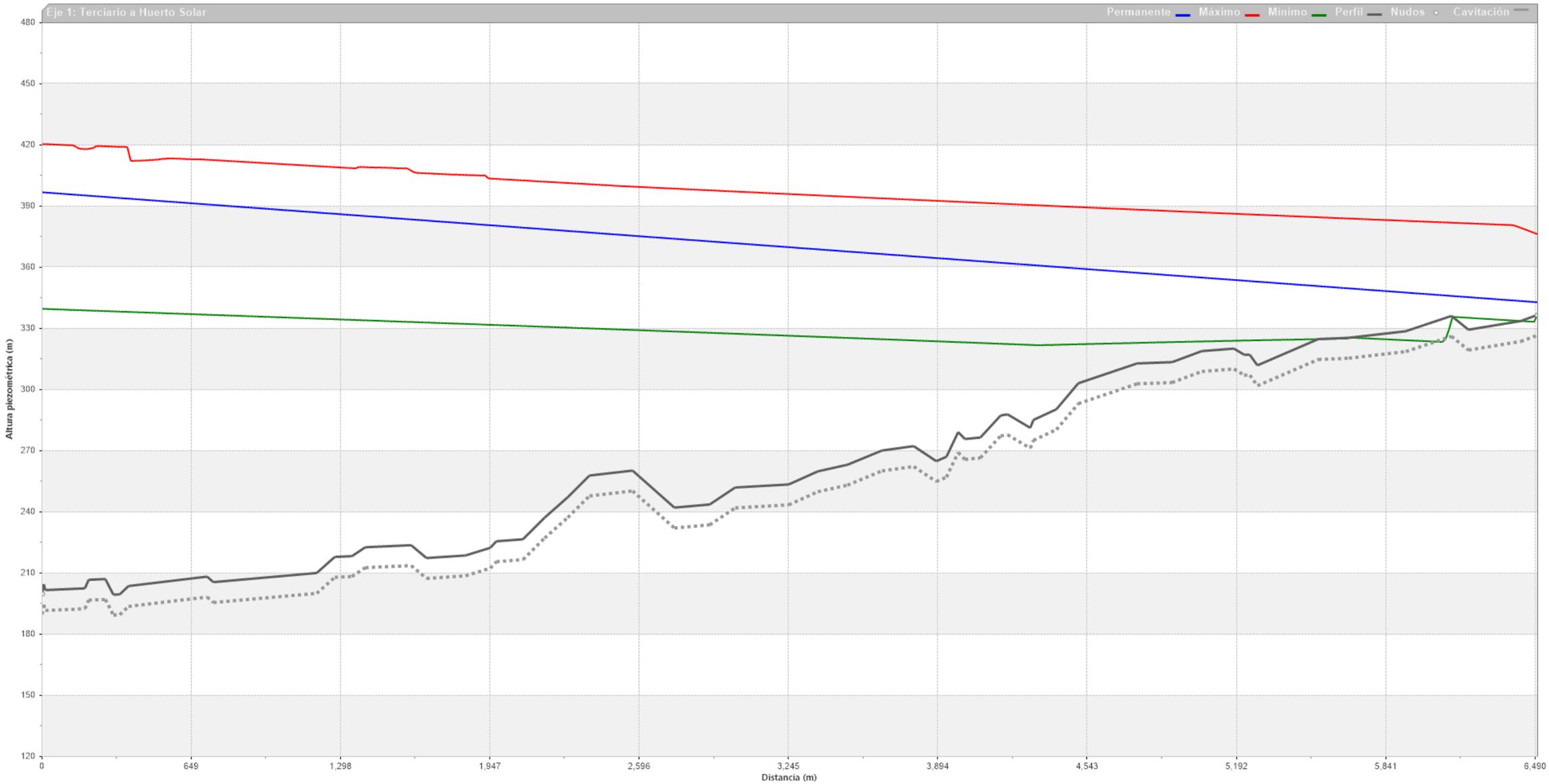
REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
6336.283	48.956	5.385	2.307	0.254
6351.088	48.627	5.349	1.930	0.212
6365.892	48.278	5.311	1.553	0.171
6380.697	47.966	5.276	1.176	0.129
6395.501	47.493	5.224	0.800	0.088
6410.305	46.627	5.129	0.423	0.047
6425.110	45.748	5.032	0.046	0.005
6439.914	44.525	4.898	-0.662	-0.073
6454.719	43.284	4.761	-1.372	-0.151
6469.523	42.040	4.624	-2.077	-0.229
6484.327	40.794	4.487	-2.785	-0.306
6499.132	39.579	4.354	0.691	0.076

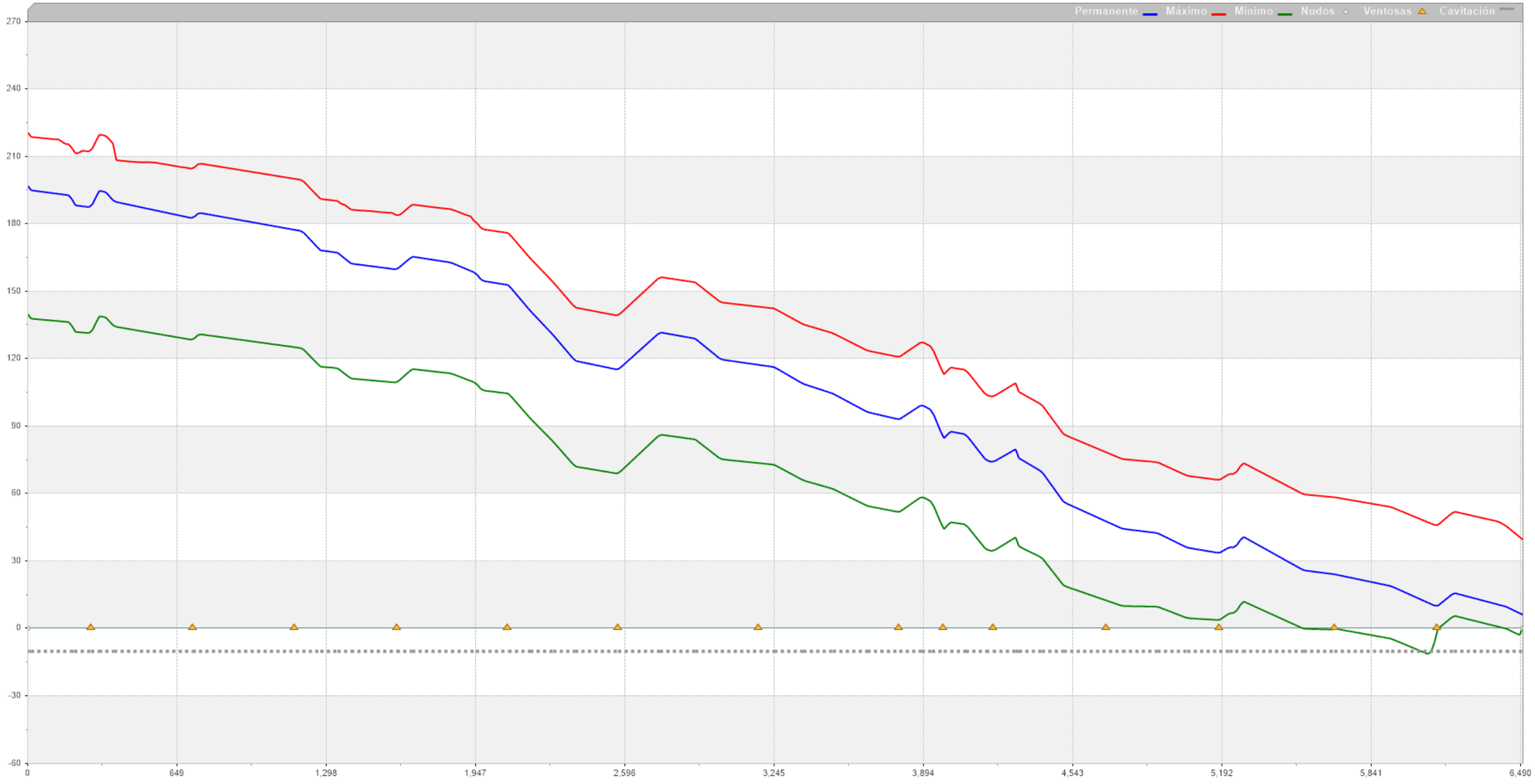
Por último, se estima el nivel mínimo de cavitación (o depresión):

DEPRESIONES	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
0.00	189.80
6.90	194.60
13.50	191.70
185.80	192.57
202.00	196.77
274.50	197.13
309.40	189.47
337.00	189.61
375.10	193.70
716.80	198.32
744.00	195.61
1193.10	200.10
1271.60	207.99
1346.10	208.36

DEPRESIONES	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
1404.50	212.74
1603.70	213.73
1670.20	207.43
1839.70	208.70
1947.30	212.47
1973.90	215.66
2089.50	216.64
2183.20	227.21
2283.80	237.27
2378.40	247.91
2565.70	250.35
2747.30	232.18
2901.00	233.72
3012.00	242.05
3244.40	243.53
3370.60	249.96
3499.20	253.19
3649.70	260.19
3787.60	262.33
3885.50	254.96
3929.70	257.11
3980.70	269.23
4010.10	265.83
4077.20	266.56
4165.20	277.36
4195.10	277.95
4294.20	271.30
4307.60	275.19
4407.60	280.42
4502.90	293.19
4757.90	302.90
4909.90	303.53
5039.50	308.97
5179.00	310.19
5223.00	307.21
5248.30	307.15
5281.00	301.96

DEPRESIONES	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
5545.80	314.86
5678.50	315.48
5926.00	318.72
6124.40	326.21
6198.30	319.46
6425.20	323.70
6498.00	326.70
6499.13	326.70


Eje 1: Terciario a Huerto Solar
Permanente
Máximo
Mínimo
Perfil
Nudos
Cavitación
Altura piezométrica (m)
480
450
420
390
360
330
300
270
240
210
180
150
120
0
649
1,298
1,947
2,596
3,245
3,894
4,543
5,192
5,841
6,490
Distancia (m)


Permanente
Máximo
Mínimo
Nudos
Ventosas
Cavitación
270
240
210
180
150
120
90
60
30
0
-30
-60
0
649
1,298
1,947
2,596
3,245
3,894
4,543
5,192
5,841
6,490

Leyenda:

- La línea gris contínua representa el perfil de la tubería
- La línea gris discontínua establece el nivel de depresión máximo admisible considerado para la tubería de conducción en régimen transitorio.
- La línea azul representa la línea piezométrica de la conducción en régimen permanente.
- La línea roja representa el nivel mñaximo de presiones en la conducción.
- La línea verde representa el nivel mínimo de presiones de la conducción.

A partir del gráfico anterior, se van a considerar los tramos siguientes:

PK inicial	PK final	Tubería
0+000,000	6+499,13	**DN250; PN25**

Se puede observar en esta gráfica que con la instalación de las ventosas, se han solucionado los problemas de cavitación. NO OBSTANTE, Y TENIENDO EN CUENTA QUE EL RÉGIMEN TRANSITORIO ES UN MODELO MATEMÁTICO QUE NO SIEMPRE TIENE EN CUENTA TODOS LOS FACTORES EXISTENTES, COMO POR EJEMPLO UN ERROR HUMANO (ARRANCAR Y PARAR LAS BOMBAS, INCLUIDA LA DE RESERVA, ETC.), SE DISPONDRÁ EN LA SALIDA DEL BOMBEO UN VÁLVULA ANTICIPADORA DE ONDA DE 3 PULGADAS, PRESIÓN NOMINAL 40 BARES, CONEXIÓN A BRIDA DN80 Y CALIBRACIÓN 6 BAR EN BAJA Y 25 BAR EN ALTA.

6.2. Tramo 2: Bombeo intermedio – Embalse “E”

6.2.1. Datos de partida:

Los datos de partida del tramo comprendido entre la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Huércal-Overa y el punto de bombeo intermedio, que se encuentra en la parcela donde se ubica el huerto solar y el depósito intermedio:

- Longitud: 1869,69 m.

Para el estudio completo de la conducción, se establecerá una longitud total de 2492,8 metros, incluyendo el tramo existente de la tubería

- Caudal diario: 3.563,55 m3/día
- Cota inicio: 335,60 m
- Cota final: 409,80 m
- Tiempo de funcionamiento de las bombas: 5 horas al día

6.2.2. Predimensionamiento de la tubería:

En primer lugar, es necesario calcular el caudal de impulsión, que resultará, para un caudal diario requerido de 3.563,55 m3/día y un tiempo de funcionamiento de 5 horas, de la siguiente manera:

$$Q = \frac{Q_d}{T_f(s)} = \frac{3563{,}55}{(5 \times 60 \times 60)} = 0{,}198\ \frac{m^3}{s}$$

En base a la formulación establecida en el apartado 2.3.1, y a un valor de Manning estipulado en el apartado de obtenemos los valores siguientes de diámetro interior mínimo (en m.):

FORMULA DE BRESSE	FORMULA DE WEYRAUCH	FÓRMULA PONDERADA	FÓRMULA DACACH	FÓRMULA MOUGNIE
0.6674	0.4627	0.4093	0.4342	0.3730

La fórmula que tiene en cuenta el tipo de material y la rugosidad es la fórmula de Mougnie. Si aplicamos este valor y nos remitimos a la tabla de obtención de diámetros, y en base a una hipótesis de presión nominal de 16 atm. (luego se verificará si es adecuado o no):

PRESIÓN NOMINAL (bar)			PN12,5		PN16		PN20		PN25	
Diametro Nominal (DN)	Diámetro exterior (Dext)		Diametro Interior (DN)	Espesor Nominal (e)	Diametro Interior (DN)	Espesor Nominal (e)	Diametro Interior (DN)	Espesor Nominal (e)	Diametro Interior (DN)	Espesor Nominal (e)
mm	min (mm)	max (mm)	med (mm)	min (mm)	med (mm)	min (mm)	med (mm)	min (mm)	med (mm)	min (mm)
90	90,0	90,3			84,0	2,0	84,0	2,5	82,2	3,1
110	110,0	110,4	104,4	2,2	104,0	2,4	103,2	3,1	101,4	3,8
125	125,0	125,4	118,8	2,5	117,8	2,8	117,0	3,5	115,2	4,3
140	140,0	140,5	133,0	2,8	132,4	3,1	131,2	3,9	129,2	4,8
160	160,0	160,5	152,0	3,2	151,4	3,5	150,0	4,4	147,6	5,5
200	200,0	200,6	190,0	4,0	189,2	4,4	187,4	5,5	184,4	6,9
225	225,0	225,7	213,6	4,5	212,8	5,0	210,8	6,2	207,4	7,7
250	250,0	250,8	237,4	5,0	236,4	5,5	234,2	6,9	230,6	8,6
315	315,0	316,0	299,2	6,3	298,0	3,9	295,2	8,7	290,6	10,8
355	355,0	356,1	337,4	7,1	336,0	7,8	332,4	9,8	327,2	12,2
400	400,0	401,2	379,8	8,0	378,4	8,8	374,8	11,0	369,0	13,7
450	450,0	451,4	427,6	8,9	426,0	9,9	421,4	12,4	415,0	15,4
500	500,0	501,5	474,6	9,9	472,8	11,0	468,6	13,7	461,2	17,1
630	630,0	631,9	597,8	12,6	595,8	13,8	590,4	17,3	581,0	21,6
710	710,0	712,0	674,8	14,2	671,4	15,4	665,6	19,2	654,6	24,4
800	800,0	802,0	760,4	16,3	757,8	17,4	750,4	21,6		

La tubería predimensionada para el segundo tramo de la impulsión es de **Policloruro de Vinilo orientado (PVC-O)** de diámetro nominal **DN400.**

Las características de la tubería seleccionada, entonces, son las que se indican a continuación:

- Material: PVC-O
- Diámetro nominal: 400 mm
- Diámetro interior (para e_{min}): 382,4 mm
- Diámetro interior medio: 378,4 mm
- Espesor medio: 10,8 mm.
- Espesor mínimo: 8,8 mm.
- Rugosidad: k = 0,025
- Coeficiente o valor de rugosidad de Manning: n = 0,007
- Sección: S = 0,112 m2

DATOS DE PARTIDA

	ud	cant
MATERIAL		**PVC-O**
LONGITUD TRAMO		**1869,69 (en total 2492,8 m)**
Cota inicial		**335,6**
Cota final		**409,8**
		74,2
Qd	m3/d	**3.563,55**
Tf	h/d	**5**
Tf	s	18.000
Q	m3/s	0,1980
Q	l/s	197,9750

6.2.3. Características del fluido en el tramo:

En primer lugar, hay que considerar la viscosidad cinemática del agua a una temperatura ambiente, considerada de 20ºC. En ese caso, la viscosidad cinemática resulta:

$$\upsilon = 1{,}102 \times 10^{-6}\ \frac{m^2}{s}$$

Por su parte, conociendo el diámetro interior del tubo, podemos calcular la velocidad del fluido:

$$v = \frac{Q}{A}$$

Sabiendo que la sección del tubo es de 0,112 m2 y el caudal de cálculo 0,165 m3/s, obtenemos:

$$v = \frac{0{,}198}{0{,}112} = 1{,}76\ \frac{m}{s}$$

A partir de aquí, obtenemos el número de Reynolds como:

$$Re = \frac{v \times D_{int}}{\upsilon} = \frac{1{,}76 \times 0{,}3784}{1{,}102 \times 10^{-6}} = 604.564{,}4 = 6{,}046 \times 10^{5}$$

6.2.4. <u>Cálculo de pérdida de cargas continuas:</u>

En primer lugar, vamos a calcular la rugosidad relativa k/D (según algunas publicaciones también se escribe como ε/D), a partir de una rugosidad absoluta considerada en el apartado 2.3 de **0,025 mm.**

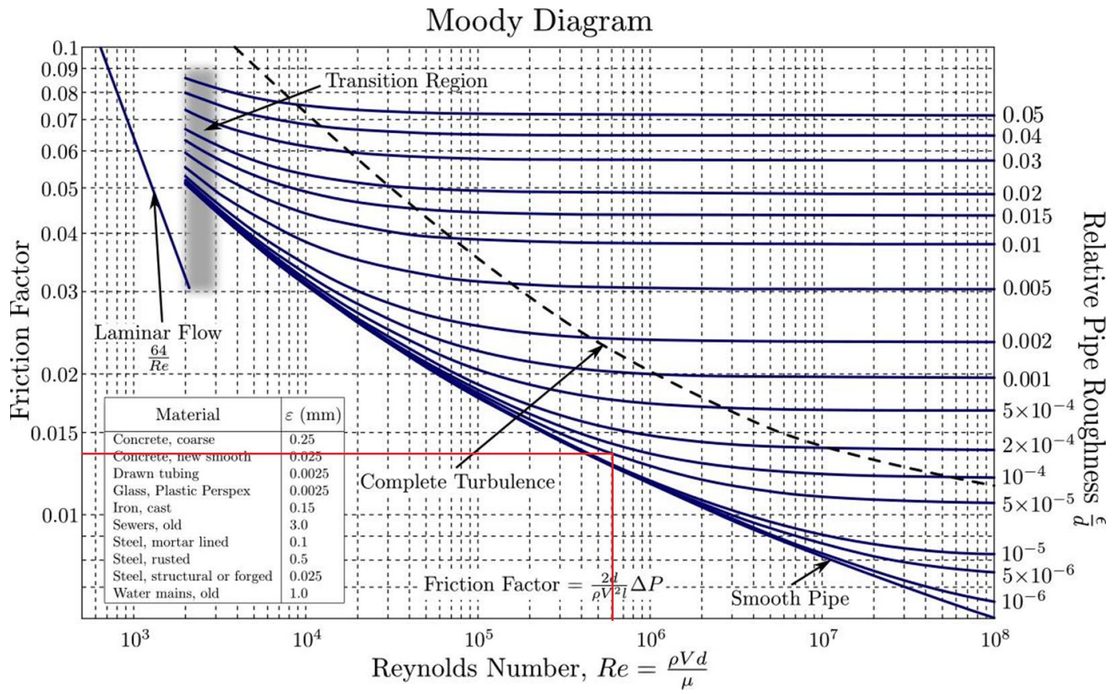
La rugosidad relativa (adimensional) resulta:

$$\frac{k}{D} = \frac{0{,}025}{378{,}4} = 0{,}00006607 = 6{,}607 \times 10^{-5}$$

Con el número de Reynolds, que resulta, del párrafo anterior, con un valor de 6,607x10^5.

<u>Método gráfico:</u>

A partir de los datos obtenidos, se puede especificar el valor del factor de fricción por el ábaco (o diagrama de Moody):



Podemos observar que el valor obtenido para el factor de fricción es 0,013

<u>Método analítico:</u>

En este caso se trata de aplicar la fórmula de Colebrook

$$f = \frac{0{,}25}{\left[\log_{10}\left(\frac{K}{3{,}71 \times D_{int}} + \frac{2{,}51}{Re \times \sqrt{f}}\right)\right]^2}$$

Al ser f una incógnita de la propia ecuación de Colebrook se va a resolver mediante iteraciones sucesivas. A continuación, se muestran las iteraciones sucesivas:

f (iteraciones)	Fórmula Colebrook
0,01	**0,01313**
0,015	**0,01264**
0,013	**0,01281**
0,0125	**0,01286**
0,0128	**0,01283**
0,01283	**0,01282**
0,01282	**0,01282**
0,01282	**0,01282**
0,01282	**0,01282**
0,01282	**0,01282**

En definitiva, obtenemos un valor del factor de fricción f de **0,01282**. Se puede observar que la aproximación gráfica realizada es bastante fiable.

A continuación, se calcula el valor de la pérdida de carga continua a partir de la fórmula indicada en el apartado 2.3.1:

$$\Delta H_{cont} = L \times f \times \frac{1}{2g} \times \frac{v^2}{D_{int}}$$

Para una longitud del tramo de 2.492,8 metros de tubería, obtenemos el siguiente valor:

PÉRDIDAS DE CARGA LINEALES POR COLEBROOK-WHITE	
Coeficiente de fricción (f)	0,01282
Pendiente hidráulica i (m/m)	**0,005151**
Pérdidas de carga lineales instalación (m)	**12,8413**

6.2.5. Cálculo de pérdida de cargas localizadas:

Para el cálculo de pérdidas localizadas, en primer lugar se hará un resumen de los elementos o accesorios que se encuentran en el tramo desde el bombeo hasta el huerto solar. Para ello, se consideran estos valores de K:

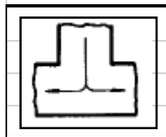
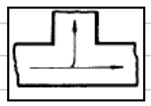
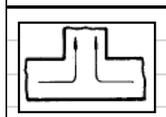
Para codos:

ϴ	Coef K
11,25	0,045
15	0,06
22,5	0,15
30	0,16
45	0,32
60	0,7
90	1,26

Para válvulas:

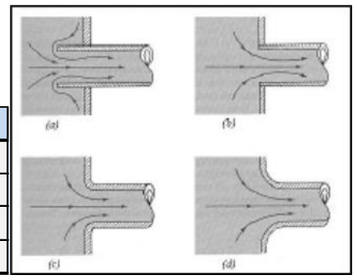
	Coef K
Válvula ángulo recto abierta 100%	2
Válvula ángulo recto abierta 75%	2
Válvula ángulo recto abierta 50%	3
Válvula ángulo recto abierta 25%	6
Válvula globo abierta 100%	4
Válvula globo abierta 75%	4
Válvula globo abierta 50%	6
Válvula globo abierta 25%	15
Válvula retención	2
Válvula compuerta abierta 100%	0,2
Válvula compuerta abierta 75%	1,15
Válvula compuerta abierta 50%	5,6
Válvula compuerta abierta 25%	24
Válvula mariposa abierta 100%	0,4
Válvula mariposa abierta 75%	1
Válvula mariposa abierta 50%	13
Válvula mariposa abierta 25%	120

Para Tés y cambios de dirección

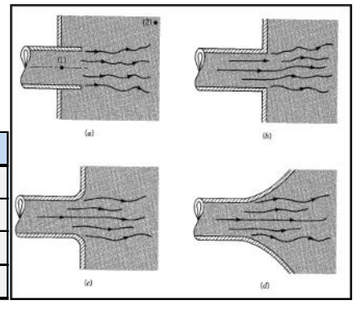
	Coef K
	1,5
	2
	3

Para entrada y salida de la tubería

	ENTRADA A LA TUBERÍA	Coef K
a)	Tipo entrante	0,8
b)	Tipo arista viva	0,5
c)	Tipo arista poco redondeada	0,2
d)	Tipo arista muy redondeada	0,04



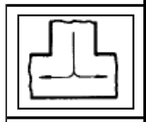
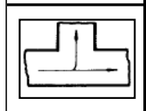
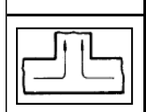
	SALIDA DE LA TUBERÍA	Coef K
a)	Tipo entrante	1
b)	Tipo arista viva	1
c)	Tipo arista poco redondeada	1
d)	Tipo arista muy redondeada	1



No se consideran en este cálculo ni cambios de sección ni radios de curvatura que se asumen en codos.

A partir de lo considerado anteriormente, obtenemos el siguiente valor de pérdidas localizadas:

ϴ	Coef K	Unidades	Pérdida
11,25	0,045	4	0,02843935
15	0,06	2	0,01895956
22,5	0,15	1	0,02369946
30	0,16	5	0,12639709
45	0,32	4	0,20223535
60	0,7	0	0
90	1,26	2	0,39815085
		TOTAL	0,7978817

	Coef K	Unidades	Pérdida
	1,5	1	0,23699455
	2	0	0
	3	0	0
		TOTAL	0,236995

	Coef K	Unidades	Pérdida
Válvula ángulo recto abierta 100%	2	0	0
Válvula ángulo recto abierta 75%	2	0	0
Válvula ángulo recto abierta 50%	3	0	0
Válvula ángulo recto abierta 25%	6	0	0
Válvula globo abierta 100%	4	0	0
Válvula globo abierta 75%	4	0	0
Válvula globo abierta 50%	6	0	0
Válvula globo abierta 25%	15	0	0
Válvula retención	2	1	0,31599274
Válvula compuerta abierta 100%	0,2	0	0
Válvula compuerta abierta 75%	1,15	0	0
Válvula compuerta abierta 50%	5,6	0	0
Válvula compuerta abierta 25%	24	0	0
Válvula mariposa abierta 100%	0,4	2	0,12639709
Válvula mariposa abierta 75%	1	0	0
Válvula mariposa abierta 50%	13	0	0
Válvula mariposa abierta 25%	120	0	0
		TOTAL	0,44239

	ENTRADA A LA TUBERÍA	Coef K	Unidades	Pérdida
a)	Tipo entrante	0,8	0	0
b)	Tipo arista viva	0,5	1	0,07899818
c)	Tipo arista poco redondeada	0,2	0	0
d)	Tipo arista muy redondeada	0,04	0	0
			TOTAL	0,0789982

	SALIDA DE LA TUBERÍA	Coef K	Unidades	Pérdida
a)	Tipo entrante	1	0	0
b)	Tipo arista viva	1	1	0,15799637
c)	Tipo arista poco redondeada	1	0	0
d)	Tipo arista muy redondeada	1	0	0
			TOTAL	0,1579964

Cambio sección	D (mm)	d (mm)	v (m/s)	Θ	Coef K	Ud	Pérdida
Expansión	200	200	2,479	6	0,27	1	0,08457
							0
							0
							0
							0
							0
							0
							0
							0
						TOTAL	0,0846

DATOS DE LA INSTALACIÓN	
Caudal	198
Diámetro int.	378,4
VELOCIDAD DE FLUIDO	
1,76	m/s
TÉRMINO CINÉTICO	
0,16	m
Elementos	**h_l (m)**
Entrada	0,078998184
Salida	0,157996368
Codos	0,797881659
Radios	0
Tes	0,236994552
Válvulas	0,442389831
Cambio suave secc.	0,084570111
Cambio brusco secc.	0
h_l TOTAL (m)	**1,798830705**

A partir de estos valores podemos calcular la altura manométrica de la impulsión:

$$H_{man} = \Delta h + \Delta H_{cont} + \Delta H_{loc}$$

De donde:

$$H_{man} = (409{,}80 - 335{,}60) + 12{,}84 + 1{,}80$$

$$H_{man} = 88{,}84\ m$$

6.2.6. Cálculo del golpe de ariete:

En primer lugar se procede a calcular el tiempo de para por cierre de las bombas, según la formulación de Mendiluce:

$$T = C + \frac{K \times L \times V}{g \times H_{man}}$$

Con los siguientes parámetro C y K:

p_{man}	≤0,20	0,25	0,30	0,35	≥0,40
C	1	0,8	0,5	0,4	0,4

La pendiente manométrica resultaría de dividir la altura manométrica, obtenida en el apartado anterior, de la longitud total de la impulsión, resultando:

$$P_{man}(\%) = \frac{88{,}24}{2492{,}8} = 0{,}0354 = 3{,}54\%$$

Como P = 0,0354 < 0,2m entonces **el coeficiente C es 1**

L (m)	<500	500	1000	1500	>1500
K	2	1,75	1,5	1,25	1

La longitud total del tramo de impulsión es de 2.492,8 metros, superior a 1.500 metros. Por consiguiente, **el valor del coeficiente K es 1**

El resto de los valores es conocido, por lo que sustituimos en la fórmula de Mendiluce:

$$T = 1{,}0 + \frac{1{,}0 \times 2492{,}8 \times 1{,}76}{9{,}81 \times 88{,}24}$$

$$T = 6{,}07\ s.$$

En cuanto a la celeridad de las ondas (a), según su fórmula:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K_c \times \frac{D_m}{e}}}$$

Con

$$K_c = \frac{10^{10}}{E}$$

Tenemos:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + \frac{10^{10}}{3{,}0\times10^{8}} \times \frac{298}{8{,}8}}} = 260{,}1\ m/s$$

A partir de aquí podemos calcular la longitud crítica:

$$L_{crit} = \frac{a \times T}{2} = \frac{260{,}1 \times 6{,}07}{2} = 789{,}40\ m.$$

Si miramos el tiempo de la frecuencia de propagación de la onda a presión (2L/a), obtenemos:

$$T_{fp} = \frac{2 \times L}{a} = \frac{2 \times 2492{,}8}{260{,}1} = 19{,}2\ s$$

Se puede observar que el tiempo de frecuencia de propagación de la onda a presión, de 19,20 segundos, es superior al tiempo de parada de agua (o de cierre de las bombas), de 6,07 segundos, correspondiente a un cierre rápido. Se puede también observar fácilmente la longitud total del tramo de impulsión (2492,8 m.) es mucho mayor que la longitud crítica (789,40 m.), por consiguiente, nos encontramos en una situación de conducciones largas y se empleará la fórmula **de ALLIEVI**:

$$\Delta P = \pm\frac{a \times v}{g}$$

$$\Delta P = \pm\frac{260{,}1 \times 1{,}76}{9{,}81}$$

$$\boldsymbol{\Delta P = \pm 46{,}66\ mca}$$

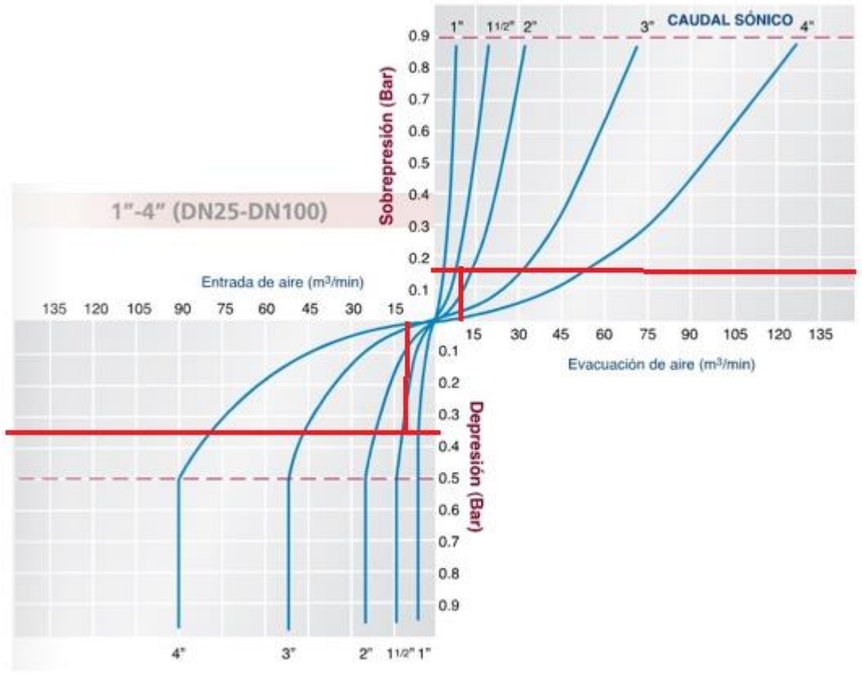
6.2.7. <u>Determinación de diámetro de ventosas:</u>

Para la elección de ventosa, se considera las siguientes consideraciones:

Presión máxima de adminisión (o entrada) de aire: 3,5 mca

Presión máxima de expulsión (o salida) de aire: 1,5 mca

Para un caudal de 110 l/s, en previsión a un aumento de la instalación en la que se requiera bombear en 5 horas el caudal requerido, se corresponde a un caudal de 12 m3/min, que se considera igual, en conducciones a presión, para vaciado y llenado, por consiguiente:

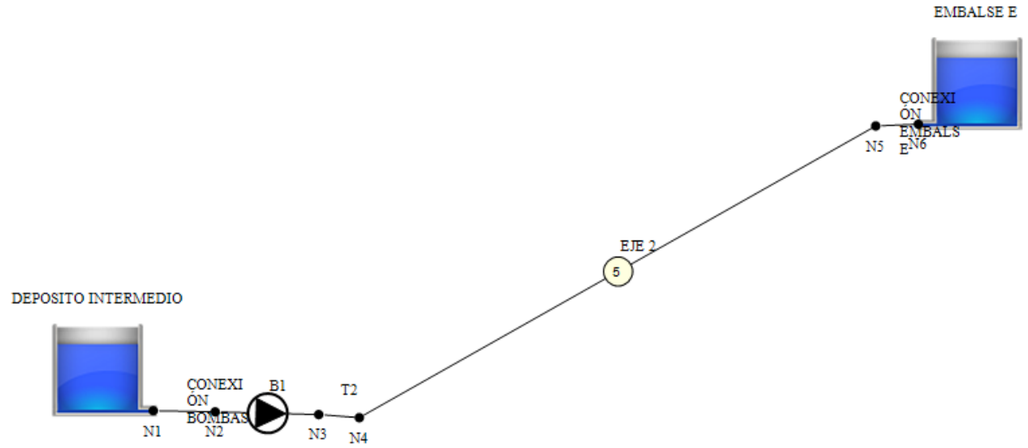


Según la tabla adjunta, valdría una ventosa DN50 para poder cumplir con las presiones indicadas. No obstante, y cumpliendo con las tablas recomendadas por el CEDEX y el CANAL de ISABEL II, se considera una ventosa de DN80.

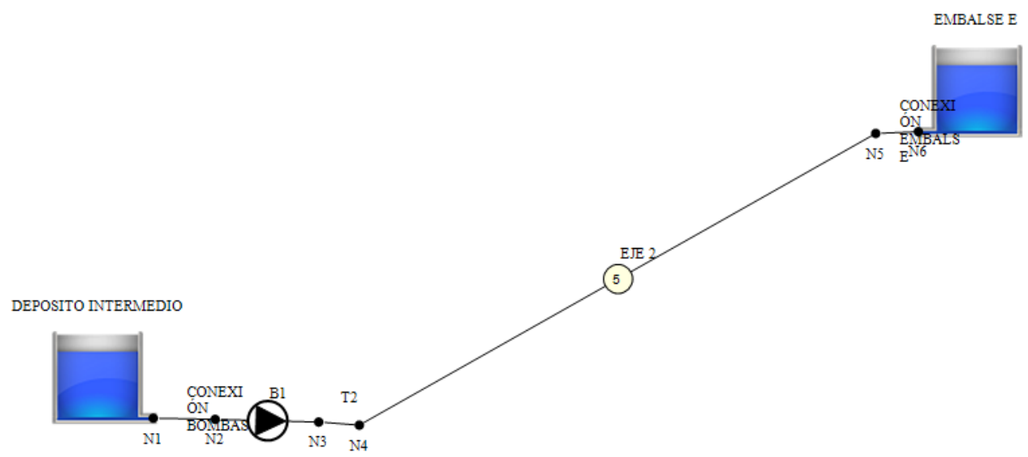
6.2.8. Línea piezométrica y diseño de presiones. Introducción

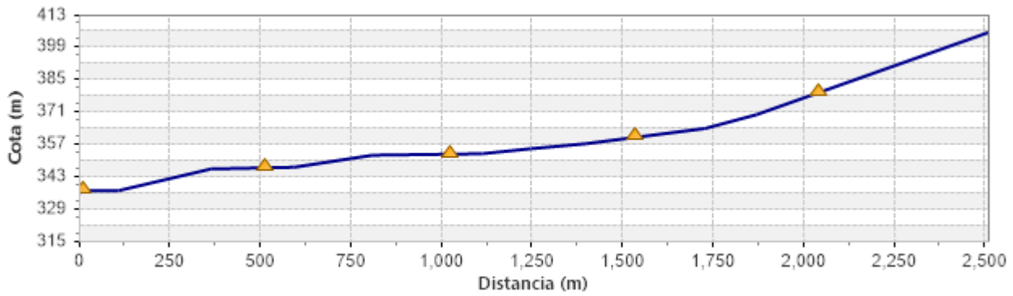
Para el diseño de la línea piezométrica y el diseño de presiones, se tendrá en cuenta todo lo considerado anteriormente, tanto en alturas manométricas como la caracterización geométrica de la bomba. Para su verificación, se van a establecer 2 escenarios, que se calcularán con el software Allievi:

- ESCENARIO 1: Tramo sin ningún elemento (ventosas, anticipadora de onda, etc.)



- ESCENARIO 2: Tramo con ventosas





Estos 2 escenarios se calcularán para régimen permanente y régimen transitorio.

6.2.9. Línea piezométrica y diseño de presiones. Escenario 1

a) Régimen permanente

Para el régimen permanente, se obtiene la siguiente línea piezométrica

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
0.000	432.002
11.758	431.898
23.517	431.793
35.275	431.689
47.034	431.584
58.792	431.480
70.551	431.376
82.309	431.271
94.068	431.167
105.826	431.063
117.585	430.958
129.343	430.854
141.102	430.750
152.860	430.645
164.619	430.541
176.377	430.437
188.136	430.332
199.894	430.228
211.653	430.124
223.411	430.019
235.170	429.915
246.928	429.811
258.687	429.706
270.445	429.602
282.204	429.498
293.962	429.393
305.721	429.289
317.479	429.185
329.238	429.080
340.996	428.976
352.755	428.871
364.513	428.767
376.272	428.663
388.030	428.558
399.789	428.454
411.547	428.350
423.306	428.245
435.064	428.141
446.823	428.037
458.581	427.932
470.340	427.828
482.098	427.724
493.857	427.619
505.615	427.515
517.374	427.411
529.132	427.306
540.891	427.202
552.649	427.098
564.408	426.993
576.166	426.889

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
587.924	426.785
599.683	426.680
611.441	426.576
623.200	426.472
634.958	426.367
646.717	426.263
658.475	426.158
670.234	426.054
681.992	425.950
693.751	425.845
705.509	425.741
717.268	425.637
729.026	425.532
740.785	425.428
752.543	425.324
764.302	425.219
776.060	425.115
787.819	425.011
799.577	424.906
811.336	424.802
823.094	424.698
834.853	424.593
846.611	424.489
858.370	424.385
870.128	424.280
881.887	424.176
893.645	424.072
905.404	423.967
917.162	423.863
928.921	423.759
940.679	423.654
952.438	423.550
964.196	423.445
975.955	423.341
987.713	423.237
999.472	423.132
1011.230	423.028

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
1022.989	422.924
1034.747	422.819
1046.506	422.715
1058.264	422.611
1070.023	422.506
1081.781	422.402
1093.540	422.298
1105.298	422.193
1117.057	422.089
1128.815	421.985
1140.573	421.880
1152.332	421.776
1164.090	421.672
1175.849	421.567
1187.607	421.463
1199.366	421.359
1211.124	421.254
1222.883	421.150
1234.641	421.046
1246.400	420.941
1258.158	420.837
1269.917	420.732
1281.675	420.628
1293.434	420.524
1305.192	420.419
1316.951	420.315
1328.709	420.211
1340.468	420.106
1352.226	420.002
1363.985	419.898
1375.743	419.793
1387.502	419.689
1399.260	419.585
1411.019	419.480
1422.777	419.376
1434.536	419.272
1446.294	419.167

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
1458.053	419.063
1469.811	418.959
1481.570	418.854
1493.328	418.750
1505.087	418.646
1516.845	418.541
1528.604	418.437
1540.362	418.333
1552.121	418.228
1563.879	418.124
1575.638	418.019
1587.396	417.915
1599.155	417.811
1610.913	417.706
1622.672	417.602
1634.430	417.498
1646.189	417.393
1657.947	417.289
1669.706	417.185
1681.464	417.080
1693.223	416.976
1704.981	416.872
1716.739	416.767
1728.498	416.663
1740.256	416.559
1752.015	416.454
1763.773	416.350
1775.532	416.246
1787.290	416.141
1799.049	416.037
1810.807	415.933
1822.566	415.828
1834.324	415.724
1846.083	415.620
1857.841	415.515
1869.600	415.411
1881.358	415.306

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
1893.117	415.202
1904.875	415.098
1916.634	414.993
1928.392	414.889
1940.151	414.785
1951.909	414.680
1963.668	414.576
1975.426	414.472
1987.185	414.367
1998.943	414.263
2010.702	414.159
2022.460	414.054
2034.219	413.950
2045.977	413.846
2057.736	413.741
2069.494	413.637
2081.253	413.533
2093.011	413.428
2104.770	413.324
2116.528	413.220
2128.287	413.115
2140.045	413.011
2151.804	412.906
2163.562	412.802
2175.321	412.698
2187.079	412.593
2198.838	412.489
2210.596	412.385
2222.355	412.280
2234.113	412.176
2245.872	412.072
2257.630	411.967
2269.388	411.863
2281.147	411.759
2292.905	411.654
2304.664	411.550
2316.422	411.446

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
2328.181	411.341
2339.939	411.237
2351.698	411.133
2363.456	411.028
2375.215	410.924
2386.973	410.820
2398.732	410.715
2410.490	410.611
2422.249	410.507
2434.007	410.402
2445.766	410.298
2457.524	410.193
2469.283	410.089
2481.041	409.985
2492.800	409.880

b) Régimen transitorio

Las presiones máximas y mínimas en régimen transitorio se muestran a continuación:

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
0.000	467.235	382.651
11.758	469.864	382.600

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
23.517	469.030	382.548
35.275	469.858	382.496
47.034	466.843	382.444
58.792	469.951	382.392
70.551	468.642	382.340
82.309	470.001	382.288
94.068	471.208	382.236
105.826	472.312	382.184
117.585	468.699	382.132
129.343	469.759	382.080
141.102	474.598	382.028
152.860	475.894	381.976
164.619	472.273	381.924
176.377	477.685	381.872
188.136	474.117	381.820
199.894	474.575	381.768
211.653	473.601	381.716
223.411	474.190	381.664
235.170	471.858	381.612
246.928	473.724	381.561
258.687	468.672	381.509
270.445	473.265	381.457
282.204	468.551	381.405
293.962	472.173	381.353
305.721	470.456	381.301
317.479	471.756	381.249
329.238	472.269	381.197
340.996	470.554	381.145
352.755	471.827	381.093
364.513	468.075	381.041
376.272	471.537	380.989
388.030	467.654	380.936
399.789	471.212	380.884
411.547	467.526	380.832
423.306	470.796	380.780
435.064	467.648	380.728
446.823	470.384	380.676

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
458.581	467.773	380.624
470.340	469.780	380.572
482.098	468.947	380.520
493.857	468.937	380.468
505.615	469.309	380.416
517.374	468.607	380.364
529.132	468.935	380.312
540.891	468.451	380.260
552.649	468.805	380.207
564.408	468.616	380.155
576.166	468.777	380.103
587.924	468.819	380.051
599.683	468.720	379.999
611.441	468.663	379.947
623.200	468.607	379.895
634.958	468.550	379.842
646.717	468.494	379.790
658.475	468.437	379.738
670.234	468.380	379.686
681.992	468.324	379.634
693.751	468.267	379.581
705.509	468.211	379.529
717.268	468.154	379.477
729.026	468.098	379.425
740.785	468.041	379.372
752.543	467.985	379.320
764.302	467.928	379.268
776.060	467.872	379.216
787.819	467.815	379.163
799.577	467.759	379.111
811.336	467.702	379.059
823.094	467.646	379.006
834.853	467.589	378.954
846.611	467.533	378.902
858.370	467.476	378.849
870.128	467.420	378.797
881.887	467.364	378.745

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
893.645	467.307	378.692
905.404	467.251	378.640
917.162	467.194	378.588
928.921	467.138	378.535
940.679	467.081	378.483
952.438	467.025	378.430
964.196	466.969	378.378
975.955	466.912	378.325
987.713	466.856	378.273
999.472	466.800	378.220
1011.230	466.743	378.168
1022.989	466.687	378.115
1034.747	466.631	378.063
1046.506	466.574	378.010
1058.264	466.518	377.958
1070.023	466.462	377.905
1081.781	466.405	377.853
1093.540	466.349	377.800
1105.298	466.293	377.747
1117.057	466.236	377.695
1128.815	466.180	377.642
1140.573	466.124	377.590
1152.332	466.067	377.537
1164.090	466.011	377.484
1175.849	465.955	377.431
1187.607	465.898	377.379
1199.366	465.842	377.326
1211.124	465.786	377.273
1222.883	465.730	377.221
1234.641	465.673	377.168
1246.400	465.617	377.115
1258.158	465.561	377.062
1269.917	465.504	377.009
1281.675	465.448	376.957
1293.434	465.392	376.904
1305.192	465.336	376.851
1316.951	465.279	376.798

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
1328.709	465.223	376.745
1340.468	465.167	376.692
1352.226	465.111	376.639
1363.985	465.054	376.586
1375.743	464.998	376.534
1387.502	464.942	376.481
1399.260	464.885	376.428
1411.019	464.829	376.375
1422.777	464.773	376.322
1434.536	464.717	376.269
1446.294	464.660	376.216
1458.053	464.604	376.163
1469.811	464.548	376.109
1481.570	464.492	376.056
1493.328	464.435	376.003
1505.087	464.379	375.950
1516.845	464.323	375.897
1528.604	464.266	375.844
1540.362	464.210	375.791
1552.121	464.154	375.737
1563.879	464.098	375.684
1575.638	464.041	375.631
1587.396	463.985	375.578
1599.155	463.929	375.524
1610.913	463.872	375.471
1622.672	463.817	375.418
1634.430	463.756	375.365
1646.189	463.725	375.311
1657.947	463.437	375.258
1669.706	462.856	375.204
1681.464	462.276	375.151
1693.223	461.699	375.098
1704.981	461.123	375.044
1716.739	460.551	374.991
1728.498	459.973	374.937
1740.256	459.441	374.884
1752.015	458.975	374.830

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
1763.773	458.522	374.777
1775.532	458.069	374.723
1787.290	457.617	374.670
1799.049	457.167	374.616
1810.807	456.717	374.562
1822.566	456.267	374.509
1834.324	455.819	374.455
1846.083	455.372	374.401
1857.841	454.925	374.348
1869.600	454.480	374.294
1881.358	454.035	374.240
1893.117	453.591	374.187
1904.875	453.148	374.133
1916.634	452.705	374.079
1928.392	452.264	374.025
1940.151	451.823	373.971
1951.909	451.383	373.918
1963.668	450.944	373.864
1975.426	450.506	373.810
1987.185	450.069	373.756
1998.943	449.632	373.702
2010.702	449.196	373.648
2022.460	448.761	373.594
2034.219	448.247	373.540
2045.977	447.654	373.486
2057.736	447.065	373.432
2069.494	446.480	373.378
2081.253	445.899	373.324
2093.011	445.322	373.315
2104.770	444.749	373.617
2116.528	444.181	374.290
2128.287	443.617	374.962
2140.045	443.057	375.634
2151.804	442.500	376.306
2163.562	441.956	376.978
2175.321	441.431	377.651
2187.079	440.917	378.323

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
2198.838	440.407	378.995
2210.596	439.901	379.667
2222.355	439.398	380.339
2234.113	438.899	381.012
2245.872	438.404	381.684
2257.630	437.912	382.356
2269.388	437.425	383.028
2281.147	436.939	383.700
2292.905	436.469	384.373
2304.664	436.029	385.045
2316.422	435.604	385.717
2328.181	435.182	386.389
2339.939	434.762	387.061
2351.698	434.345	387.734
2363.456	433.930	388.406
2375.215	433.518	389.078
2386.973	433.109	389.750
2398.732	432.701	390.422
2410.490	432.301	391.095
2422.249	431.888	391.767
2434.007	431.449	392.439
2445.766	431.009	393.111
2457.524	430.572	393.783
2469.283	430.141	394.456
2481.041	429.714	397.480
2492.800	421.646	399.487

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
0.000	131.335	14.447	46.751	5.143
11.758	132.821	14.610	45.557	5.011

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
23.517	131.969	14.517	45.486	5.003
35.275	132.777	14.605	45.415	4.996
47.034	129.743	14.272	45.343	4.988
58.792	132.831	14.611	45.272	4.980
70.551	131.503	14.465	45.200	4.972
82.309	132.842	14.613	45.129	4.964
94.068	134.029	14.743	45.058	4.956
105.826	135.114	14.863	44.986	4.948
117.585	131.137	14.425	44.570	4.903
129.343	131.764	14.494	44.085	4.849
141.102	136.170	14.979	43.600	4.796
152.860	137.033	15.074	43.115	4.743
164.619	132.979	14.628	42.630	4.689
176.377	137.957	15.175	42.144	4.636
188.136	133.956	14.735	41.659	4.583
199.894	133.981	14.738	41.174	4.529
211.653	132.573	14.583	40.689	4.476
223.411	132.729	14.600	40.203	4.422
235.170	129.964	14.296	39.718	4.369
246.928	131.397	14.454	39.233	4.316
258.687	125.911	13.850	38.748	4.262
270.445	130.071	14.308	38.262	4.209
282.204	124.923	13.742	37.777	4.155
293.962	128.112	14.092	37.292	4.102
305.721	125.962	13.856	36.807	4.049
317.479	126.829	13.951	36.321	3.995
329.238	126.909	13.960	35.836	3.942
340.996	124.760	13.724	35.351	3.889
352.755	125.600	13.816	34.865	3.835
364.513	121.512	13.366	34.478	3.793
376.272	124.935	13.743	34.387	3.783
388.030	121.013	13.311	34.295	3.772
399.789	124.532	13.698	34.204	3.762
411.547	120.807	13.289	34.113	3.752
423.306	124.037	13.644	34.021	3.742
435.064	120.850	13.293	33.930	3.732

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
446.823	123.546	13.590	33.839	3.722
458.581	120.897	13.299	33.748	3.712
470.340	122.864	13.515	33.656	3.702
482.098	121.992	13.419	33.565	3.692
493.857	121.942	13.414	33.474	3.682
505.615	122.276	13.450	33.382	3.672
517.374	121.535	13.369	33.291	3.662
529.132	121.823	13.401	33.200	3.652
540.891	121.299	13.343	33.108	3.642
552.649	121.615	13.378	33.017	3.632
564.408	121.387	13.353	32.926	3.622
576.166	121.508	13.366	32.834	3.612
587.924	121.511	13.366	32.743	3.602
599.683	121.216	13.334	32.494	3.574
611.441	120.875	13.296	32.158	3.537
623.200	120.535	13.259	31.823	3.500
634.958	120.195	13.221	31.487	3.464
646.717	119.855	13.184	31.151	3.427
658.475	119.514	13.147	30.816	3.390
670.234	119.174	13.109	30.480	3.353
681.992	118.834	13.072	30.144	3.316
693.751	118.494	13.034	29.808	3.279
705.509	118.154	12.997	29.473	3.242
717.268	117.814	12.960	29.137	3.205
729.026	117.474	12.922	28.801	3.168
740.785	117.134	12.885	28.465	3.131
752.543	116.794	12.847	28.129	3.094
764.302	116.454	12.810	27.794	3.057
776.060	116.114	12.772	27.458	3.020
787.819	115.774	12.735	27.122	2.983
799.577	115.434	12.698	26.786	2.946
811.336	115.162	12.668	26.519	2.917
823.094	115.080	12.659	26.441	2.908
834.853	114.998	12.650	26.363	2.900
846.611	114.915	12.641	26.284	2.891
858.370	114.833	12.632	26.206	2.883

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
870.128	114.751	12.623	26.128	2.874
881.887	114.669	12.614	26.050	2.865
893.645	114.586	12.605	25.972	2.857
905.404	114.504	12.595	25.893	2.848
917.162	114.422	12.586	25.815	2.840
928.921	114.340	12.577	25.737	2.831
940.679	114.257	12.568	25.659	2.822
952.438	114.175	12.559	25.580	2.814
964.196	114.093	12.550	25.502	2.805
975.955	114.011	12.541	25.424	2.797
987.713	113.928	12.532	25.345	2.788
999.472	113.846	12.523	25.267	2.779
1011.230	113.764	12.514	25.189	2.771
1022.989	113.682	12.505	25.110	2.762
1034.747	113.600	12.496	25.032	2.754
1046.506	113.518	12.487	24.954	2.745
1058.264	113.435	12.478	24.875	2.736
1070.023	113.353	12.469	24.797	2.728
1081.781	113.271	12.460	24.718	2.719
1093.540	113.189	12.451	24.640	2.710
1105.298	113.107	12.442	24.562	2.702
1117.057	112.956	12.425	24.415	2.686
1128.815	112.709	12.398	24.172	2.659
1140.573	112.462	12.371	23.928	2.632
1152.332	112.215	12.344	23.685	2.605
1164.090	111.968	12.317	23.441	2.579
1175.849	111.721	12.289	23.198	2.552
1187.607	111.474	12.262	22.955	2.525
1199.366	111.227	12.235	22.711	2.498
1211.124	110.980	12.208	22.468	2.471
1222.883	110.733	12.181	22.224	2.445
1234.641	110.486	12.153	21.981	2.418
1246.400	110.242	12.127	21.740	2.391
1258.158	110.020	12.102	21.521	2.367
1269.917	109.797	12.078	21.302	2.343
1281.675	109.575	12.053	21.083	2.319

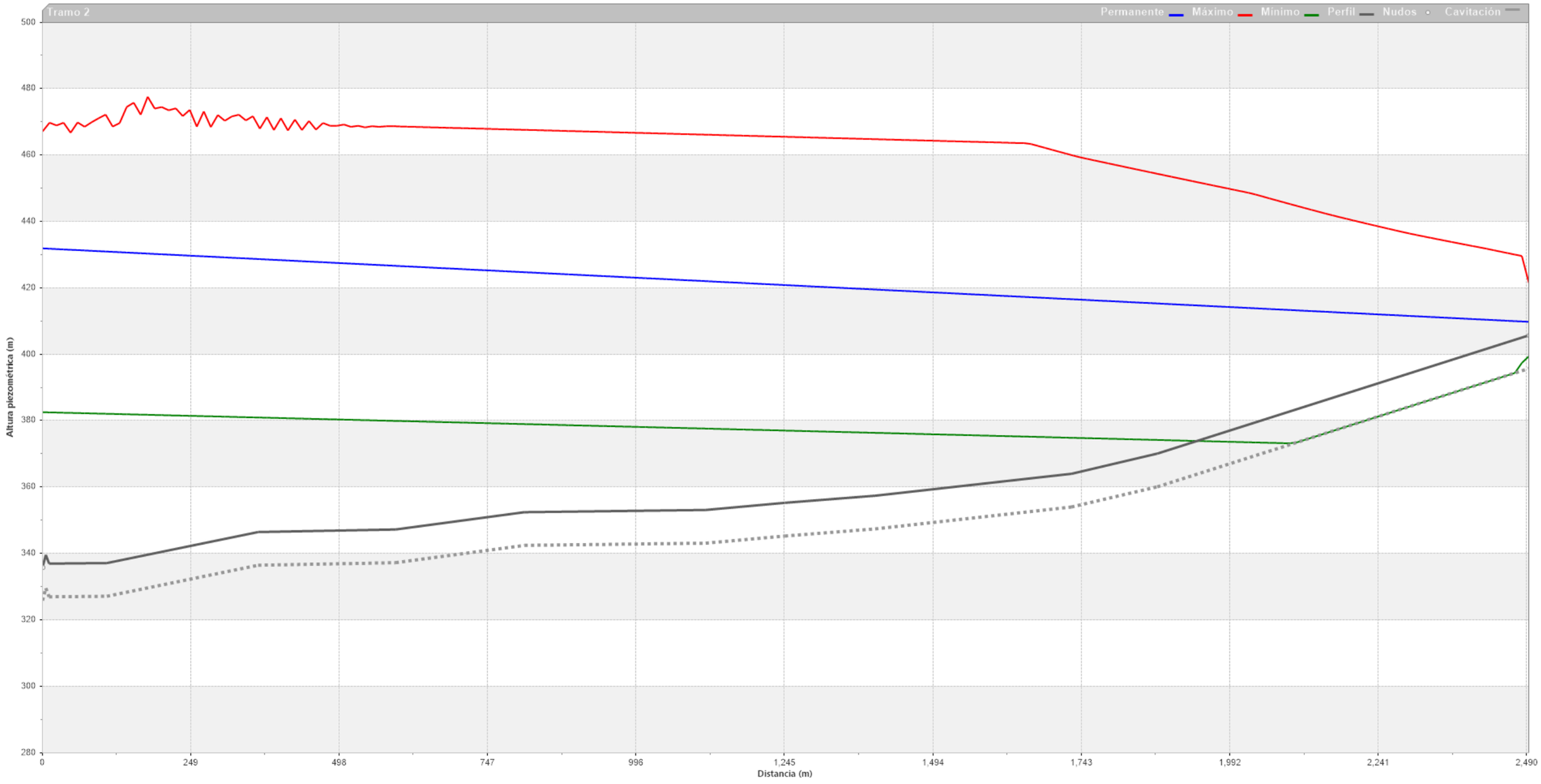
REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
1293.434	109.352	12.029	20.864	2.295
1305.192	109.130	12.004	20.645	2.271
1316.951	108.908	11.980	20.426	2.247
1328.709	108.685	11.955	20.207	2.223
1340.468	108.463	11.931	19.988	2.199
1352.226	108.240	11.906	19.769	2.175
1363.985	108.018	11.882	19.550	2.150
1375.743	107.795	11.857	19.331	2.126
1387.502	107.573	11.833	19.112	2.102
1399.260	107.334	11.807	18.876	2.076
1411.019	107.042	11.775	18.588	2.045
1422.777	106.750	11.743	18.299	2.013
1434.536	106.458	11.710	18.010	1.981
1446.294	106.166	11.678	17.721	1.949
1458.053	105.874	11.646	17.432	1.918
1469.811	105.582	11.614	17.143	1.886
1481.570	105.290	11.582	16.855	1.854
1493.328	104.998	11.550	16.566	1.822
1505.087	104.706	11.518	16.277	1.790
1516.845	104.414	11.486	15.988	1.759
1528.604	104.122	11.453	15.699	1.727
1540.362	103.829	11.421	15.410	1.695
1552.121	103.537	11.389	15.121	1.663
1563.879	103.245	11.357	14.832	1.632
1575.638	102.953	11.325	14.543	1.600
1587.396	102.661	11.293	14.254	1.568
1599.155	102.369	11.261	13.965	1.536
1610.913	102.077	11.228	13.676	1.504
1622.672	101.786	11.196	13.387	1.473
1634.430	101.489	11.164	13.098	1.441
1646.189	101.222	11.134	12.809	1.409
1657.947	100.699	11.077	12.519	1.377
1669.706	99.882	10.987	12.230	1.345
1681.464	99.066	10.897	11.941	1.314
1693.223	98.253	10.808	11.652	1.282
1704.981	97.442	10.719	11.363	1.250

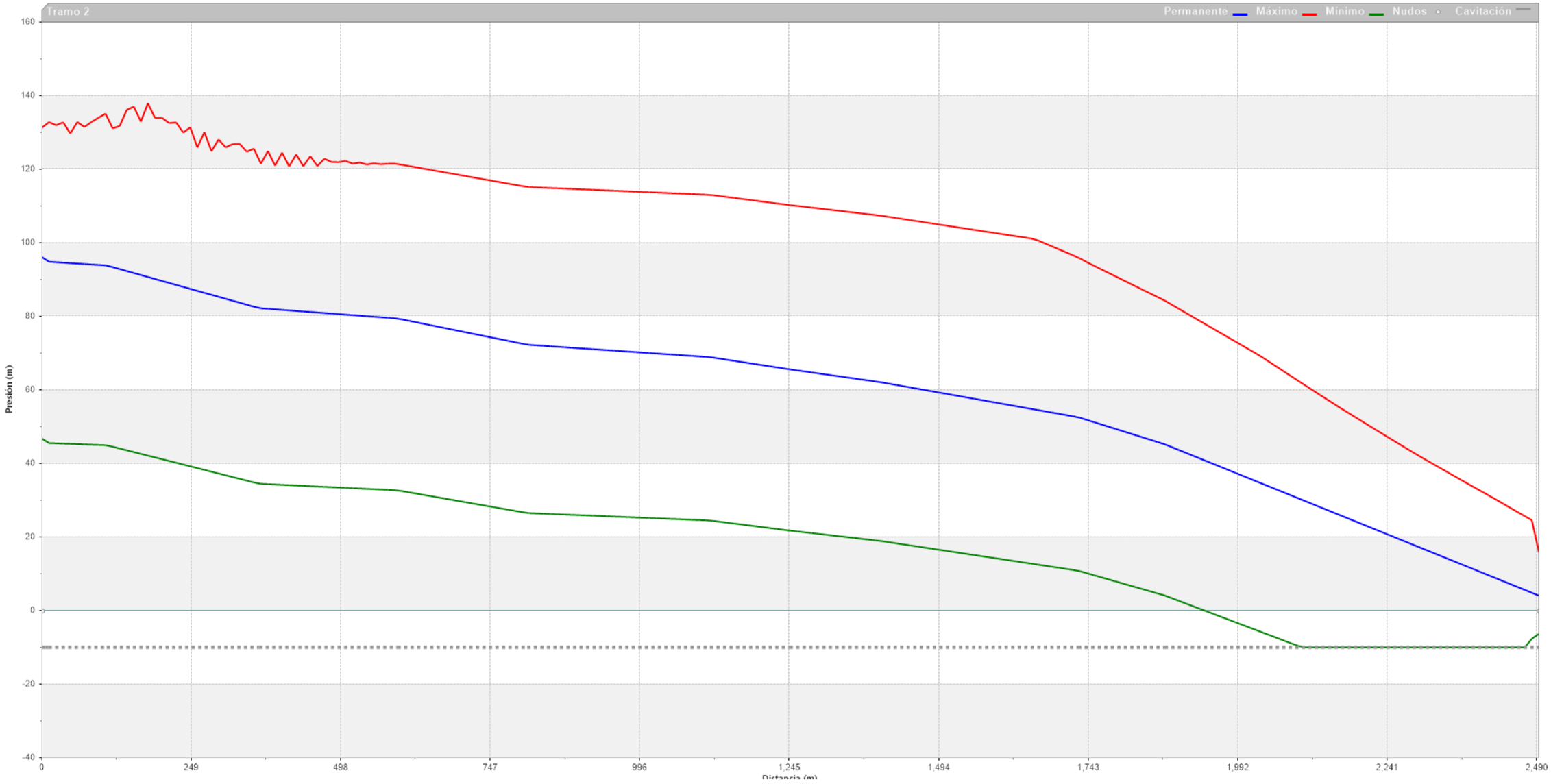
REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
1716.739	96.633	10.630	11.073	1.218
1728.498	95.753	10.533	10.718	1.179
1740.256	94.725	10.420	10.168	1.118
1752.015	93.763	10.314	9.618	1.058
1763.773	92.813	10.209	9.068	0.998
1775.532	91.864	10.105	8.519	0.937
1787.290	90.916	10.001	7.969	0.877
1799.049	89.969	9.897	7.419	0.816
1810.807	89.023	9.793	6.869	0.756
1822.566	88.078	9.689	6.319	0.695
1834.324	87.133	9.585	5.769	0.635
1846.083	86.190	9.481	5.219	0.574
1857.841	85.247	9.377	4.669	0.514
1869.600	84.305	9.274	4.119	0.453
1881.358	83.189	9.151	3.395	0.373
1893.117	82.073	9.028	2.669	0.294
1904.875	80.958	8.905	1.943	0.214
1916.634	79.843	8.783	1.217	0.134
1928.392	78.730	8.660	0.491	0.054
1940.151	77.617	8.538	-0.235	-0.026
1951.909	76.505	8.416	-0.961	-0.106
1963.668	75.393	8.293	-1.687	-0.186
1975.426	74.283	8.171	-2.413	-0.265
1987.185	73.173	8.049	-3.139	-0.345
1998.943	72.064	7.927	-3.866	-0.425
2010.702	70.956	7.805	-4.592	-0.505
2022.460	69.849	7.683	-5.318	-0.585
2034.219	68.663	7.553	-6.044	-0.665
2045.977	67.398	7.414	-6.770	-0.745
2057.736	66.136	7.275	-7.497	-0.825
2069.494	64.879	7.137	-8.223	-0.905
2081.253	63.626	6.999	-8.949	-0.984
2093.011	62.377	6.861	-9.630	-1.059
2104.770	61.132	6.725	-10.000	-1.100
2116.528	59.891	6.588	-10.000	-1.100
2128.287	58.655	6.452	-10.000	-1.100

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA (+10%)
m	mca	atm	mca	atm
2140.045	57.423	6.317	-10.000	-1.100
2151.804	56.194	6.181	-10.000	-1.100
2163.562	54.977	6.047	-10.000	-1.100
2175.321	53.781	5.916	-10.000	-1.100
2187.079	52.595	5.785	-10.000	-1.100
2198.838	51.413	5.655	-10.000	-1.100
2210.596	50.234	5.526	-10.000	-1.100
2222.355	49.059	5.396	-10.000	-1.100
2234.113	47.888	5.268	-10.000	-1.100
2245.872	46.720	5.139	-10.000	-1.100
2257.630	45.556	5.011	-10.000	-1.100
2269.388	44.396	4.884	-10.000	-1.100
2281.147	43.238	4.756	-10.000	-1.100
2292.905	42.096	4.631	-10.000	-1.100
2304.664	40.984	4.508	-10.000	-1.100
2316.422	39.887	4.388	-10.000	-1.100
2328.181	38.793	4.267	-10.000	-1.100
2339.939	37.700	4.147	-10.000	-1.100
2351.698	36.611	4.027	-10.000	-1.100
2363.456	35.524	3.908	-10.000	-1.100
2375.215	34.440	3.788	-10.000	-1.100
2386.973	33.358	3.669	-10.000	-1.100
2398.732	32.279	3.551	-10.000	-1.100
2410.490	31.206	3.433	-10.000	-1.100
2422.249	30.121	3.313	-10.000	-1.100
2434.007	29.010	3.191	-10.000	-1.100
2445.766	27.897	3.069	-10.000	-1.100
2457.524	26.789	2.947	-10.000	-1.100
2469.283	25.685	2.825	-10.000	-1.100
2481.041	24.586	2.704	-7.648	-0.841
2492.800	15.846	1.743	-6.313	-0.694

DEPRESIONES	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
0.000	325.900
5.500	329.661
11.000	327.041
107.800	327.201
361.600	336.553
592.100	337.322
808.200	342.533
1112.200	343.201
1245.000	345.355
1396.500	347.496
1725.500	354.093
1869.700	360.179
2492.800	395.800

Por último, se estima el nivel mínimo de cavitación (o depresión):


Tramo 2
Permanente
Máximo
Mínimo
Perfil
Nudos
Cavitación
Altura piezométrica (m)
500
480
460
440
420
400
380
360
340
320
300
280
0
249
498
747
996
1,245
1,494
1,743
1,992
2,241
2,490
Distancia (m)


Tramo 2
Permanente
Máximo
Mínimo
Nudos
Cavitación
Presión (m)
160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
-40
0
249
498
747
996
1,245
1,494
1,743
1,992
2,241
2,490
Distancia (m)

Leyenda:

- La línea gris contínua representa el perfil de la tubería
- La línea gris discontínua establece el nivel de depresión máximo admisible considerado para la tubería de conducción en régimen transitorio.
- La línea azul representa la línea piezométrica de la conducción en régimen permanente.
- La línea roja representa el nivel mñaximo de presiones en la conducción.
- La línea verde representa el nivel mínimo de presiones de la conducción.

Se puede observar en esta gráfica que, a priori, la instalación estaría bastante protegida, especialmente en el tramo ejecutado (ya que el tramo existente dispone de ventosas). No obstante y por seguridad, ya que se desconoce el estado actual de las ventosas existentes, se van a disponer de nuevas ventosas. Se procede a realizar el mismo cálculo pero incluyendo ventosas en puntos altos y en distancias no superiores a 500-800 metros.

6.2.10. Línea piezométrica y diseño de presiones. Escenario 2

a) Régimen permanente

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
0.000	432.002
11.758	431.898
23.517	431.793
35.275	431.689
47.034	431.584
58.792	431.480
70.551	431.376
82.309	431.271
94.068	431.167
105.826	431.063
117.585	430.958

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
129.343	430.854
141.102	430.750
152.860	430.645
164.619	430.541
176.377	430.437
188.136	430.332
199.894	430.228
211.653	430.124
223.411	430.019
235.170	429.915
246.928	429.811
258.687	429.706
270.445	429.602
282.204	429.498
293.962	429.393
305.721	429.289
317.479	429.185
329.238	429.080
340.996	428.976
352.755	428.871
364.513	428.767
376.272	428.663
388.030	428.558
399.789	428.454
411.547	428.350
423.306	428.245
435.064	428.141
446.823	428.037
458.581	427.932
470.340	427.828
482.098	427.724
493.857	427.619
505.615	427.515
517.374	427.411
529.132	427.306
540.891	427.202
552.649	427.098

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
564.408	426.993
576.166	426.889
587.924	426.785
599.683	426.680
611.441	426.576
623.200	426.472
634.958	426.367
646.717	426.263
658.475	426.158
670.234	426.054
681.992	425.950
693.751	425.845
705.509	425.741
717.268	425.637
729.026	425.532
740.785	425.428
752.543	425.324
764.302	425.219
776.060	425.115
787.819	425.011
799.577	424.906
811.336	424.802
823.094	424.698
834.853	424.593
846.611	424.489
858.370	424.385
870.128	424.280
881.887	424.176
893.645	424.072
905.404	423.967
917.162	423.863
928.921	423.759
940.679	423.654
952.438	423.550
964.196	423.445
975.955	423.341
987.713	423.237

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
999.472	423.132
1011.230	423.028
1022.989	422.924
1034.747	422.819
1046.506	422.715
1058.264	422.611
1070.023	422.506
1081.781	422.402
1093.540	422.298
1105.298	422.193
1117.057	422.089
1128.815	421.985
1140.573	421.880
1152.332	421.776
1164.090	421.672
1175.849	421.567
1187.607	421.463
1199.366	421.359
1211.124	421.254
1222.883	421.150
1234.641	421.046
1246.400	420.941
1258.158	420.837
1269.917	420.732
1281.675	420.628
1293.434	420.524
1305.192	420.419
1316.951	420.315
1328.709	420.211
1340.468	420.106
1352.226	420.002
1363.985	419.898
1375.743	419.793
1387.502	419.689
1399.260	419.585
1411.019	419.480
1422.777	419.376

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
1434.536	419.272
1446.294	419.167
1458.053	419.063
1469.811	418.959
1481.570	418.854
1493.328	418.750
1505.087	418.646
1516.845	418.541
1528.604	418.437
1540.362	418.333
1552.121	418.228
1563.879	418.124
1575.638	418.019
1587.396	417.915
1599.155	417.811
1610.913	417.706
1622.672	417.602
1634.430	417.498
1646.189	417.393
1657.947	417.289
1669.706	417.185
1681.464	417.080
1693.223	416.976
1704.981	416.872
1716.739	416.767
1728.498	416.663
1740.256	416.559
1752.015	416.454
1763.773	416.350
1775.532	416.246
1787.290	416.141
1799.049	416.037
1810.807	415.933
1822.566	415.828
1834.324	415.724
1846.083	415.620
1857.841	415.515

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
1869.600	415.411
1881.358	415.306
1893.117	415.202
1904.875	415.098
1916.634	414.993
1928.392	414.889
1940.151	414.785
1951.909	414.680
1963.668	414.576
1975.426	414.472
1987.185	414.367
1998.943	414.263
2010.702	414.159
2022.460	414.054
2034.219	413.950
2045.977	413.846
2057.736	413.741
2069.494	413.637
2081.253	413.533
2093.011	413.428
2104.770	413.324
2116.528	413.220
2128.287	413.115
2140.045	413.011
2151.804	412.906
2163.562	412.802
2175.321	412.698
2187.079	412.593
2198.838	412.489
2210.596	412.385
2222.355	412.280
2234.113	412.176
2245.872	412.072
2257.630	411.967
2269.388	411.863
2281.147	411.759
2292.905	411.654

REGIMEN PERMANENTE	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
2304.664	411.550
2316.422	411.446
2328.181	411.341
2339.939	411.237
2351.698	411.133
2363.456	411.028
2375.215	410.924
2386.973	410.820
2398.732	410.715
2410.490	410.611
2422.249	410.507
2434.007	410.402
2445.766	410.298
2457.524	410.193
2469.283	410.089
2481.041	409.985
2492.800	409.880

b) Régimen transitorio

Las presiones máximas y mínimas en régimen transitorio se muestran a continuación:

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
0.000	463.229	382.651
11.758	466.359	382.600
23.517	464.280	382.548
35.275	466.385	382.496
47.034	463.996	382.444

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
58.792	466.111	382.392
70.551	464.555	382.340
82.309	464.756	382.288
94.068	466.262	382.236
105.826	463.629	382.184
117.585	467.434	382.132
129.343	465.333	382.080
141.102	469.266	382.028
152.860	466.121	381.976
164.619	468.971	381.924
176.377	466.527	381.872
188.136	466.573	381.820
199.894	467.128	381.768
211.653	466.360	381.716
223.411	465.772	381.664
235.170	467.713	381.612
246.928	465.585	381.561
258.687	469.003	381.509
270.445	466.720	381.457
282.204	466.513	381.405
293.962	466.371	381.353
305.721	466.191	381.301
317.479	466.000	381.249
329.238	465.835	381.197
340.996	465.657	381.145
352.755	465.478	381.093
364.513	465.311	381.041
376.272	465.136	380.989
388.030	464.971	380.936
399.789	464.799	380.884
411.547	464.614	380.832
423.306	464.428	380.780
435.064	464.263	380.728
446.823	464.179	380.676
458.581	464.149	380.624
470.340	464.120	380.572

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
482.098	464.090	380.520
493.857	464.062	380.468
505.615	464.031	380.416
517.374	464.004	380.364
529.132	463.963	380.312
540.891	463.959	380.260
552.649	463.870	380.207
564.408	463.946	380.155
576.166	463.820	380.103
587.924	463.789	380.051
599.683	464.075	379.999
611.441	463.871	379.947
623.200	464.217	379.895
634.958	464.006	379.842
646.717	463.907	379.790
658.475	463.847	379.738
670.234	463.788	379.686
681.992	463.729	379.634
693.751	463.670	379.581
705.509	463.611	379.529
717.268	463.552	379.477
729.026	463.493	379.425
740.785	463.434	379.372
752.543	463.375	379.320
764.302	463.316	379.268
776.060	463.257	379.216
787.819	463.198	379.163
799.577	463.140	379.111
811.336	463.081	379.059
823.094	463.022	379.006
834.853	462.963	378.954
846.611	462.904	378.902
858.370	462.845	378.849
870.128	462.787	378.797
881.887	462.728	378.745
893.645	462.669	378.692

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
905.404	462.610	378.640
917.162	462.552	378.588
928.921	462.493	378.535
940.679	462.434	378.483
952.438	462.375	378.430
964.196	462.317	378.378
975.955	462.258	378.325
987.713	462.199	378.273
999.472	462.141	378.220
1011.230	462.082	378.168
1022.989	462.024	378.115
1034.747	461.965	378.063
1046.506	461.906	378.010
1058.264	461.848	377.958
1070.023	461.789	377.905
1081.781	461.731	377.853
1093.540	461.672	377.800
1105.298	461.614	377.747
1117.057	461.555	377.695
1128.815	461.497	377.642
1140.573	461.438	377.590
1152.332	461.380	377.537
1164.090	461.321	377.484
1175.849	461.263	377.431
1187.607	461.205	377.379
1199.366	461.146	377.326
1211.124	461.088	377.273
1222.883	461.029	377.221
1234.641	460.971	377.168
1246.400	460.913	377.115
1258.158	460.854	377.062
1269.917	460.796	377.009
1281.675	460.738	376.957
1293.434	460.679	376.904
1305.192	460.621	376.851
1316.951	460.563	376.798

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
1328.709	460.504	376.745
1340.468	460.446	376.692
1352.226	460.388	376.639
1363.985	460.330	376.586
1375.743	460.271	376.534
1387.502	460.213	376.481
1399.260	460.155	376.428
1411.019	460.097	376.375
1422.777	460.038	376.322
1434.536	459.980	376.269
1446.294	459.922	376.216
1458.053	459.864	376.163
1469.811	459.806	376.109
1481.570	459.747	376.056
1493.328	459.689	376.003
1505.087	459.631	375.950
1516.845	459.573	375.897
1528.604	459.515	375.844
1540.362	459.457	375.791
1552.121	459.398	375.737
1563.879	459.341	375.684
1575.638	459.280	375.631
1587.396	459.239	375.578
1599.155	459.078	375.524
1610.913	458.634	375.471
1622.672	458.051	375.418
1634.430	457.470	375.365
1646.189	456.892	375.311
1657.947	456.315	375.258
1669.706	455.739	375.204
1681.464	455.177	375.151
1693.223	454.677	375.098
1704.981	454.221	375.044
1716.739	453.767	374.991
1728.498	453.490	374.937
1740.256	453.429	374.884

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
1752.015	453.369	374.830
1763.773	453.304	374.777
1775.532	453.268	374.723
1787.290	452.979	374.670
1799.049	452.399	374.616
1810.807	451.822	374.562
1822.566	451.247	374.509
1834.324	450.673	374.455
1846.083	450.103	374.401
1857.841	449.527	374.348
1869.600	448.997	374.294
1881.358	448.533	374.240
1893.117	448.082	374.187
1904.875	447.631	374.133
1916.634	447.181	374.079
1928.392	446.732	374.025
1940.151	446.284	373.971
1951.909	445.836	373.918
1963.668	445.390	373.864
1975.426	444.944	373.810
1987.185	444.499	373.756
1998.943	444.055	373.747
2010.702	443.612	374.079
2022.460	443.169	375.752
2034.219	442.727	377.796
2045.977	442.285	380.232
2057.736	441.844	376.220
2069.494	441.404	376.168
2081.253	440.964	378.220
2093.011	440.525	376.783
2104.770	440.087	377.561
2116.528	439.649	377.618
2128.287	439.211	377.881
2140.045	438.774	379.483
2151.804	438.337	379.012
2163.562	437.821	379.274

REGIMEN TRANSITORIO		
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA MÁXIMA	ALTURA MANOMÉTRICA MÍNIMA
m	mca	mca
2175.321	437.226	379.598
2187.079	436.634	379.550
2198.838	436.046	379.499
2210.596	435.461	379.667
2222.355	434.880	380.339
2234.113	434.302	381.012
2245.872	433.728	381.684
2257.630	433.158	382.356
2269.388	432.592	383.028
2281.147	432.030	383.700
2292.905	431.479	384.373
2304.664	430.948	385.045
2316.422	430.427	385.717
2328.181	429.911	386.389
2339.939	429.398	387.061
2351.698	428.888	387.734
2363.456	428.382	388.406
2375.215	427.879	389.078
2386.973	427.381	389.750
2398.732	426.886	390.422
2410.490	426.393	391.095
2422.249	425.915	391.767
2434.007	425.468	392.439
2445.766	425.035	393.111
2457.524	424.605	393.783
2469.283	424.177	394.456
2481.041	423.751	397.480
2492.800	423.328	399.487

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA
m	mca	atm	mca	atm
0.000	127.329	14.006	46.751	5.143
11.758	129.317	14.225	45.557	5.011
23.517	127.218	13.994	45.486	5.003
35.275	129.304	14.223	45.415	4.996
47.034	126.895	13.958	45.343	4.988
58.792	128.991	14.189	45.272	4.980
70.551	127.416	14.016	45.200	4.972
82.309	127.597	14.036	45.129	4.964
94.068	129.084	14.199	45.058	4.956
105.826	126.431	13.907	44.986	4.948
117.585	129.872	14.286	44.570	4.903
129.343	127.338	14.007	44.085	4.849
141.102	130.838	14.392	43.600	4.796
152.860	127.260	13.999	43.115	4.743
164.619	129.677	14.264	42.630	4.689
176.377	126.799	13.948	42.144	4.636
188.136	126.412	13.905	41.659	4.583
199.894	126.533	13.919	41.174	4.529
211.653	125.332	13.787	40.689	4.476
223.411	124.311	13.674	40.203	4.422
235.170	125.819	13.840	39.718	4.369
246.928	123.258	13.558	39.233	4.316
258.687	126.242	13.887	38.748	4.262
270.445	123.526	13.588	38.262	4.209
282.204	122.885	13.517	37.777	4.155
293.962	122.310	13.454	37.292	4.102
305.721	121.697	13.387	36.807	4.049
317.479	121.073	13.318	36.321	3.995
329.238	120.474	13.252	35.836	3.942
340.996	119.863	13.185	35.351	3.889
352.755	119.251	13.118	34.865	3.835
364.513	118.749	13.062	34.478	3.793
376.272	118.534	13.039	34.387	3.783
388.030	118.330	13.016	34.295	3.772

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA
m	mca	atm	mca	atm
399.789	118.119	12.993	34.204	3.762
411.547	117.895	12.968	34.113	3.752
423.306	117.669	12.944	34.021	3.742
435.064	117.465	12.921	33.930	3.732
446.823	117.342	12.908	33.839	3.722
458.581	117.273	12.900	33.748	3.712
470.340	117.204	12.892	33.656	3.702
482.098	117.135	12.885	33.565	3.692
493.857	117.068	12.877	33.474	3.682
505.615	116.997	12.870	33.382	3.672
517.374	116.932	12.862	33.291	3.662
529.132	116.851	12.854	33.200	3.652
540.891	116.807	12.849	33.108	3.642
552.649	116.680	12.835	33.017	3.632
564.408	116.716	12.839	32.926	3.622
576.166	116.551	12.821	32.834	3.612
587.924	116.481	12.813	32.743	3.602
599.683	116.571	12.823	32.494	3.574
611.441	116.083	12.769	32.158	3.537
623.200	116.146	12.776	31.823	3.500
634.958	115.651	12.722	31.487	3.464
646.717	115.268	12.679	31.151	3.427
658.475	114.925	12.642	30.816	3.390
670.234	114.582	12.604	30.480	3.353
681.992	114.239	12.566	30.144	3.316
693.751	113.897	12.529	29.808	3.279
705.509	113.554	12.491	29.473	3.242
717.268	113.212	12.453	29.137	3.205
729.026	112.869	12.416	28.801	3.168
740.785	112.527	12.378	28.465	3.131
752.543	112.184	12.340	28.129	3.094
764.302	111.842	12.303	27.794	3.057
776.060	111.499	12.265	27.458	3.020
787.819	111.157	12.227	27.122	2.983

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA
m	mca	atm	mca	atm
799.577	110.814	12.190	26.786	2.946
811.336	110.541	12.159	26.519	2.917
823.094	110.456	12.150	26.441	2.908
834.853	110.371	12.141	26.363	2.900
846.611	110.287	12.132	26.284	2.891
858.370	110.202	12.122	26.206	2.883
870.128	110.117	12.113	26.128	2.874
881.887	110.033	12.104	26.050	2.865
893.645	109.948	12.094	25.972	2.857
905.404	109.864	12.085	25.893	2.848
917.162	109.779	12.076	25.815	2.840
928.921	109.695	12.066	25.737	2.831
940.679	109.610	12.057	25.659	2.822
952.438	109.526	12.048	25.580	2.814
964.196	109.441	12.039	25.502	2.805
975.955	109.356	12.029	25.424	2.797
987.713	109.272	12.020	25.345	2.788
999.472	109.188	12.011	25.267	2.779
1011.230	109.103	12.001	25.189	2.771
1022.989	109.019	11.992	25.110	2.762
1034.747	108.934	11.983	25.032	2.754
1046.506	108.850	11.973	24.954	2.745
1058.264	108.765	11.964	24.875	2.736
1070.023	108.681	11.955	24.797	2.728
1081.781	108.597	11.946	24.718	2.719
1093.540	108.512	11.936	24.640	2.710
1105.298	108.428	11.927	24.562	2.702
1117.057	108.275	11.910	24.415	2.686
1128.815	108.026	11.883	24.172	2.659
1140.573	107.777	11.855	23.928	2.632
1152.332	107.528	11.828	23.685	2.605
1164.090	107.279	11.801	23.441	2.579
1175.849	107.030	11.773	23.198	2.552
1187.607	106.780	11.746	22.955	2.525

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA
m	mca	atm	mca	atm
1199.366	106.531	11.718	22.711	2.498
1211.124	106.282	11.691	22.468	2.471
1222.883	106.033	11.664	22.224	2.445
1234.641	105.784	11.636	21.981	2.418
1246.400	105.538	11.609	21.740	2.391
1258.158	105.313	11.584	21.521	2.367
1269.917	105.089	11.560	21.302	2.343
1281.675	104.864	11.535	21.083	2.319
1293.434	104.640	11.510	20.864	2.295
1305.192	104.415	11.486	20.645	2.271
1316.951	104.191	11.461	20.426	2.247
1328.709	103.966	11.436	20.207	2.223
1340.468	103.742	11.412	19.988	2.199
1352.226	103.517	11.387	19.769	2.175
1363.985	103.293	11.362	19.550	2.150
1375.743	103.069	11.338	19.331	2.126
1387.502	102.844	11.313	19.112	2.102
1399.260	102.603	11.286	18.876	2.076
1411.019	102.309	11.254	18.588	2.045
1422.777	102.016	11.222	18.299	2.013
1434.536	101.721	11.189	18.010	1.981
1446.294	101.428	11.157	17.721	1.949
1458.053	101.134	11.125	17.432	1.918
1469.811	100.840	11.092	17.143	1.886
1481.570	100.546	11.060	16.855	1.854
1493.328	100.252	11.028	16.566	1.822
1505.087	99.958	10.995	16.277	1.790
1516.845	99.664	10.963	15.988	1.759
1528.604	99.370	10.931	15.699	1.727
1540.362	99.076	10.898	15.410	1.695
1552.121	98.782	10.866	15.121	1.663
1563.879	98.489	10.834	14.832	1.632
1575.638	98.192	10.801	14.543	1.600
1587.396	97.915	10.771	14.254	1.568

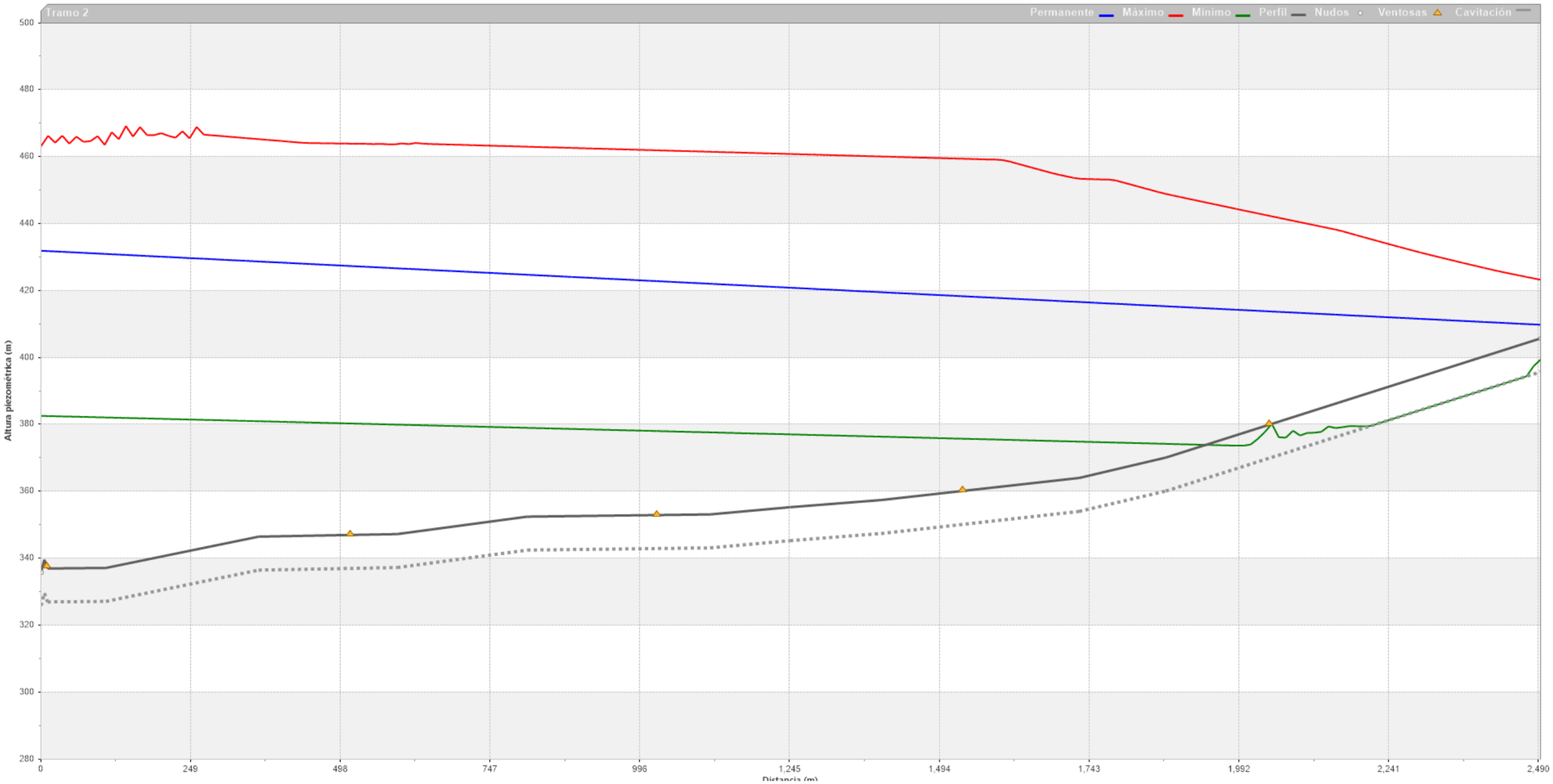
REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA
m	mca	atm	mca	atm
1599.155	97.519	10.727	13.965	1.536
1610.913	96.839	10.652	13.676	1.504
1622.672	96.020	10.562	13.387	1.473
1634.430	95.204	10.472	13.098	1.441
1646.189	94.389	10.383	12.809	1.409
1657.947	93.577	10.293	12.519	1.377
1669.706	92.765	10.204	12.230	1.345
1681.464	91.967	10.116	11.941	1.314
1693.223	91.231	10.035	11.652	1.282
1704.981	90.540	9.959	11.363	1.250
1716.739	89.850	9.883	11.073	1.218
1728.498	89.271	9.820	10.718	1.179
1740.256	88.714	9.758	10.168	1.118
1752.015	88.157	9.697	9.618	1.058
1763.773	87.596	9.636	9.068	0.998
1775.532	87.064	9.577	8.519	0.937
1787.290	86.278	9.491	7.969	0.877
1799.049	85.202	9.372	7.419	0.816
1810.807	84.129	9.254	6.869	0.756
1822.566	83.057	9.136	6.319	0.695
1834.324	81.987	9.019	5.769	0.635
1846.083	80.921	8.901	5.219	0.574
1857.841	79.849	8.783	4.669	0.514
1869.600	78.823	8.670	4.119	0.453
1881.358	77.688	8.546	3.395	0.373
1893.117	76.564	8.422	2.669	0.294
1904.875	75.441	8.298	1.943	0.214
1916.634	74.319	8.175	1.217	0.134
1928.392	73.197	8.052	0.491	0.054
1940.151	72.077	7.928	-0.235	-0.026
1951.909	70.958	7.805	-0.961	-0.106
1963.668	69.839	7.682	-1.687	-0.186
1975.426	68.721	7.559	-2.413	-0.265
1987.185	67.604	7.436	-3.139	-0.345

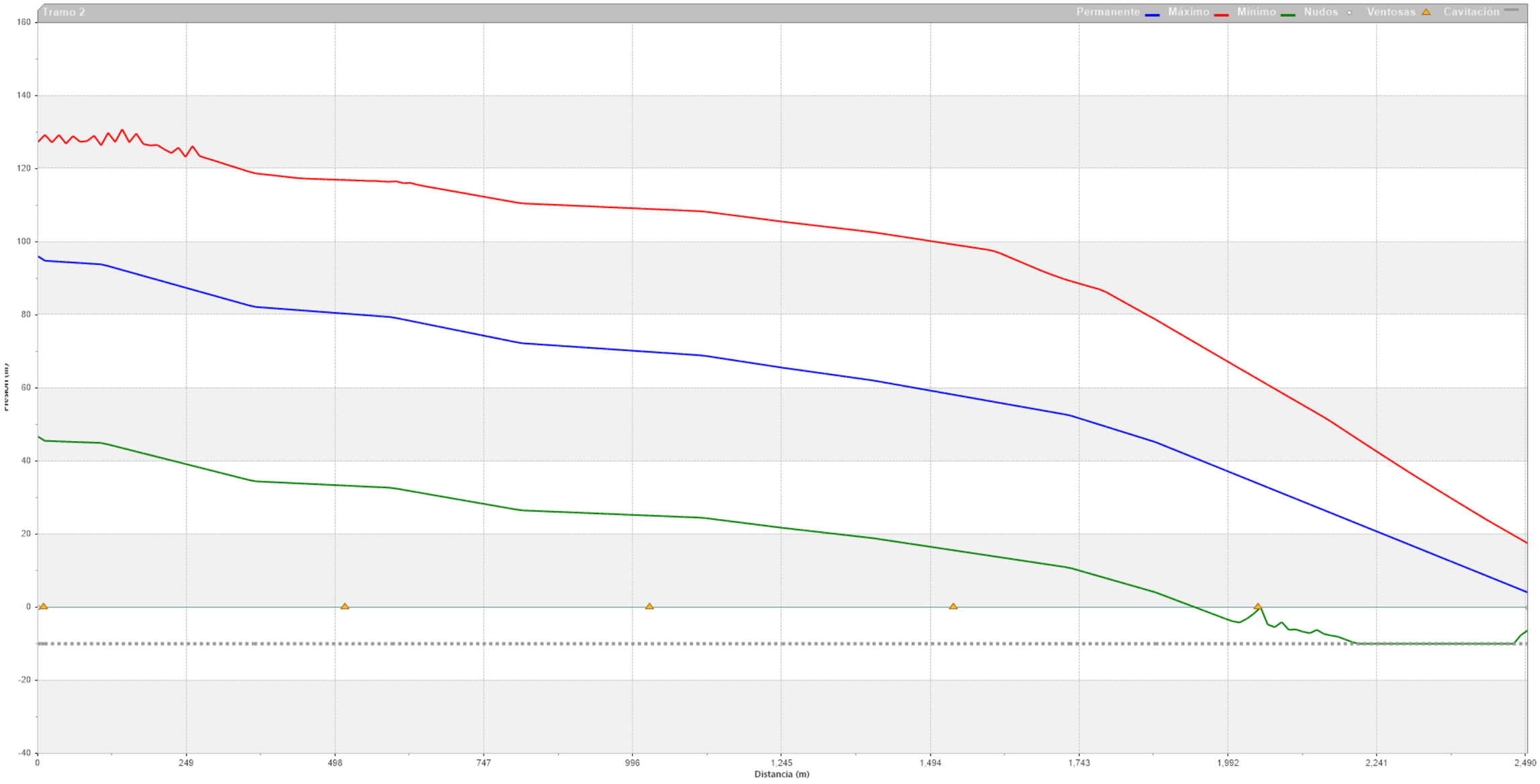
REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA
m	mca	atm	mca	atm
1998.943	66.488	7.314	-3.820	-0.420
2010.702	65.372	7.191	-4.161	-0.458
2022.460	64.257	7.068	-3.160	-0.348
2034.219	63.143	6.946	-1.788	-0.197
2045.977	62.029	6.823	-0.025	-0.003
2057.736	60.916	6.701	-4.708	-0.518
2069.494	59.803	6.578	-5.433	-0.598
2081.253	58.691	6.456	-4.053	-0.446
2093.011	57.580	6.334	-6.162	-0.678
2104.770	56.469	6.212	-6.057	-0.666
2116.528	55.359	6.089	-6.671	-0.734
2128.287	54.249	5.967	-7.081	-0.779
2140.045	53.140	5.845	-6.151	-0.677
2151.804	52.031	5.723	-7.294	-0.802
2163.562	50.843	5.593	-7.704	-0.847
2175.321	49.575	5.453	-8.053	-0.886
2187.079	48.312	5.314	-8.773	-0.965
2198.838	47.051	5.176	-9.496	-1.045
2210.596	45.794	5.037	-10.000	-1.100
2222.355	44.541	4.899	-10.000	-1.100
2234.113	43.291	4.762	-10.000	-1.100
2245.872	42.045	4.625	-10.000	-1.100
2257.630	40.802	4.488	-10.000	-1.100
2269.388	39.564	4.352	-10.000	-1.100
2281.147	38.329	4.216	-10.000	-1.100
2292.905	37.106	4.082	-10.000	-1.100
2304.664	35.903	3.949	-10.000	-1.100
2316.422	34.711	3.818	-10.000	-1.100
2328.181	33.522	3.687	-10.000	-1.100
2339.939	32.336	3.557	-10.000	-1.100
2351.698	31.154	3.427	-10.000	-1.100
2363.456	29.976	3.297	-10.000	-1.100
2375.215	28.801	3.168	-10.000	-1.100
2386.973	27.630	3.039	-10.000	-1.100

REGIMEN TRANSITORIO				
LONG. ABSOLUTA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÁXIMA (+10%)	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA	PRESIÓN ABSOLUTA MÍNIMA
m	mca	atm	mca	atm
2398.732	26.463	2.911	-10.000	-1.100
2410.490	25.298	2.783	-10.000	-1.100
2422.249	24.148	2.656	-10.000	-1.100
2434.007	23.029	2.533	-10.000	-1.100
2445.766	21.924	2.412	-10.000	-1.100
2457.524	20.821	2.290	-10.000	-1.100
2469.283	19.721	2.169	-10.000	-1.100
2481.041	18.623	2.049	-7.648	-0.841
2492.800	17.528	1.928	-6.313	-0.694

Por último, se estima el nivel mínimo de cavitación (o depresión):

DEPRESIONES	
LONG. ABSOLUTA	ALTURA MANOMÉTRICA
m	mca
0.000	325.900
5.500	329.661
11.000	327.041
107.800	327.201
361.600	336.553
592.100	337.322
808.200	342.533
1112.200	343.201
1245.000	345.355
1396.500	347.496
1725.500	354.093
1869.700	360.179
2492.800	395.800


Tramo 2
Permanente
Máximo
Mínimo
Perfil
Nudos
Ventosas
Cavitación
Altura piezométrica (m)
500
480
460
440
420
400
380
360
340
320
300
280
0
249
498
747
996
1,245
1,494
1,743
1,992
2,241
2,490
Distancia (m)


Tramo 2
Permanente
Máximo
Mínimo
Nudos
Ventosas
Cavitación
160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
-40
0
249
498
747
996
1,245
1,494
1,743
1,992
2,241
2,490
Distancia (m)

Leyenda:

- La línea gris contínua representa el perfil de la tubería
- La línea gris discontínua establece el nivel de depresión máximo admisible considerado para la tubería de conducción en régimen transitorio.
- La línea azul representa la línea piezométrica de la conducción en régimen permanente.
- La línea roja representa el nivel mñaximo de presiones en la conducción.
- La línea verde representa el nivel mínimo de presiones de la conducción.

Se puede observar en esta gráfica que la instalación mejorar ligeramente con las ventosas, con lo que nos dejaría más en el lado de la seguridad.

Según lo obtenido, se va a disponer un tubo PVC-O de 400 mm de diámetro nominal con una presión nominal de 16 atm. en el tramo a ejecutar hasta el PK 1+869,69. A partir de ese PK 1+869,69 hasta el embalse "E", se cumple para la tubería existente DN315 PN12,5, junto con el de otro ramal de diámetro 400mm.

Se puede observar en esta gráfica que con la instalación de las ventosas, no existen problemas de sobrepresión y subpresión. <u>NO OBSTANTE, Y TENIENDO EN CUENTA QUE EL RÉGIMEN TRANSITORIO ES UN MODELO MATEMÁTICO QUE NO SIEMPRE TIENE EN CUENTA TODOS LOS FACTORES EXISTENTES, COMO POR EJEMPLO UN ERROR HUMANO (ARRANCAR Y PARAR LAS BOMBAS, INCLUIDA LA DE RESERVA, ETC.), SE DISPONDRÁ EN LA SALIDA DEL BOMBEO UN VÁLVULA ANTICIPADORA DE ONDA DE 3 PULGADAS, PRESIÓN NOMINAL 16 BARES, CONEXIÓN A BRIDA DN80 Y CALIBRACIÓN 6 BAR EN BAJA Y 16 BAR EN ALTA.</u>

A partir del gráfico anterior, se van a considerar los tramos siguientes:

PK inicial	PK final	Tubería
0+000,000	1+869,69	**DN400; PN16**
1+869,69	2+492,8	**DN315;PN12,5 (existente)** **Ramal DN200**

PARTE II: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LAS CONDUCCIONES

7. INTRODUCCIÓN

En el presento anejo se realizará el cálculo mecánico de la resistencia de la tubería en las condiciones propias de la impulsión del presente proyecto.

Para ello, se realizará el análisis tramificando la conducción en los siguientes casos:

- Tramo 1: desde la EDAR de Huércal-Overa hasta el Huerto Solar, caso bajo rambla (consideración terreno saturado), para tubería en PVC-O de diámetro nominal 250 mm y presión nominal 25 atm.
- Tramo 2: desde el Huerto Solar al Embalse "E" (en terreno no saturado), para tubería en PVC-O de diámetro nominal 315 mm y presión nominal 16 atm.

8. METODOLOGÍA - CÁLCULO MECÁNICO DE LAS CONDUCCIONES:

7.1. Introducción

El cálculo mecánico de conducciones enterradas para el caso de tubos de materiales termoplásticos, en nuestro caso tratándose de una conducción en Policloruro de Vinilo Orientado (PVC-O), se realizará en conformidad con lo especificado en la norma **UNE 53331:1997 IN** (la cual sigue el conocido como método ATV), debiendo utilizar para su aplicación la ayuda de algún programa de ordenador desarrollado al respecto.

Para el presente proyecto, se ha utilizado el Programa de Cálculo Mecánico TOM® desarrollado por Molecor Tecnología, S.L. El Programa es una aplicación o software de cálculo mecánico para tuberías plásticas enterradas de PVC (PVC-U) TOM® y está basado en las normas de referencia:

- ATV-DVWK-A 127E:2000: "Cálculo estático de Drenajes y Saneamientos"
- UNE 53331:1997: "Tuberías de poli(cloruro de vinilo) no plastificado y polietileno (PE) de alta y media densidad. Criterio para la comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con y sin presión sometidos a cargas externas".

Este método de cálculo es uno de los más extendidos a nivel mundial, junto con el método AWWA. La experiencia a lo largo de los años ha demostrado que los resultados obtenidos con el mismo son fiables, siempre y cuando los parámetros de entrada se correspondan con la realidad del proyecto.

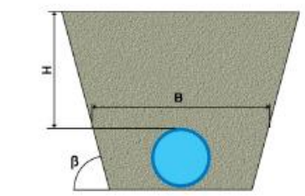
El cálculo mecánico de las conducciones, en este caso en PVC-O, se realiza con los siguientes criterios:

7.2. Zanja e instalación de obra

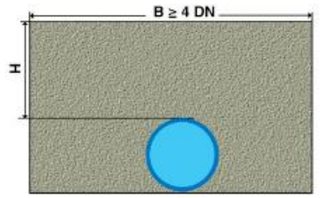
7.2.1. Excavación en zanja:

Para la instalación en zanja, que resultará nuestro caso todo a lo largo del proyecto, se determinan los parámetros siguientes:

- Altura de recubrimiento por encima de la generatriz superior del tubo, H, en metros.
- Anchura de la zanja al nivel de la generatriz superior del tubo, B, en metros. En caso de instalación bajo terraplén, se considera B ≥ 4 DN.
- Ángulo de inclinación de las paredes de la zanja, β, en grados.



Instalación en obra (1)
(1) B ≤ 2DN y H ≥ 1.5B o 2DN < B≤ 3DN y H≥3.5B



Relleno de instalación (2)
(2) B ≥ 4DN

Como norma general, cuando no hay tráfico, la generatriz superior de la tubería estará a una profundidad mínima de 0,6 metros, ampliada en el caso de tráfico rodado a una profundidad mínima de 1 metro, una vez verificada por el cálculo correspondiente, de acuerdo con el peor escenario posible. Las anchuras mínimas de las zanjas se basarán en su diámetro nominal y profundidad:

DN (mm)	Anchura mínima de zanja, B (m)
90- 250	0.60
315	0.85
355	1.00
400	1.10
450	1.15
500	1.20
630	1.35
800	1.65

Profundidad de zanja, H (m)	Anchura mínima de zanja, B (m)
H < 1.00	0.60
1.00 < H < 1.75	0.80
1.75 < H < 4.00	0.90
H> 4.00	1.00

Se consideran los siguientes valores:

Para tuberías de diámetro nominal 250 mm:

- B = 1,0 m
- H = 1,5 m
- β = 75 º

Para tuberías de diámetro nominal 400 mm:

- B = 1,2 m
- H = 1,5 m
- β = 75 º

En el caso de que estemos bajo rambla, se consideran los siguientes valores:

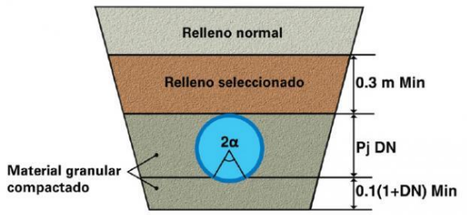
- B = 1,0 m
- H = 3,0 m
- β = 75 º

7.2.2. Características de apoyo y relación de proyección:

El fondo de la zanja debe asegurar un apoyo homogéneo, uniforme y firme a todo lo largo de la tubería. Los datos para conocer son el ángulo de apoyo, 2α, en grados, y la relación de proyección. Por ejemplo, a efecto de cálculo se pueden considerar dos tipos:

TIPO 1: El apoyo consiste en una cama continua de material granular compactado sobre la que descansa el tubo. La cama de apoyo debe tener una compactación uniforme en toda su longitud y envolver el tubo según el ángulo de apoyo 2α. La relación de proyección para este tipo de apoyo es Pj = 1.

DN (mm)	Profundidad mínima cama de apoyo (m)
90	0,109
110	0,111
140	0,114
160	0,116
200	0,120
225	0,123
250	0,125
315	0,132
355	0,136
400	0,140
450	0,145
500	0,150
630	0,163
800	0,180



Apoyo tipo 1

En resumen, y para un óptimo comportamiento de la instalación, se debe crear un lecho o cama de arena (u otro material granular fino) con un espesor de entre 10 y 18 cm sobre el que apoye el tubo. La tubería no puede reposar en ningún caso directamente sobre rocas o piedras grandes.

En el caso que nos ocupa, **el apoyo sobre cama de arena de las conducciones sea cual sea su diámetro y presión nominal, se considera siempre de 15 cm.**

Una vez colocados los tubos en la línea central de la zanja y ejecutadas las uniones, se procederá al relleno a ambos lados del tubo. El relleno se hará por capas apisonadas de espesor no superior a 15 cm,

manteniendo constantemente la misma altura a ambos lados del tubo, hasta alcanzar la coronación de éste, la cual debe verse. El grado de compactación debe ser superior al 95% Proctor Normal. El grado de compactación a obtener será el mismo que el de la cama. Se cuidará especialmente que no queden espacios sin rellenar debajo del tubo.

Se procede al relleno de la zanja, hasta una altura de treinta centímetros por encima de la coronación del tubo, con relleno seleccionado. Se apisona con pistón ligero ambos lados del tubo y se deja sin compactar la zona central en toda la anchura de la proyección horizontal de la tubería.

A partir de ahí, puede usarse para el relleno tierras procedentes de la excavación, compactada en capas sucesivas de altura no superior a 20 cm y con un grado de compactación 100% Proctor Normal.

7.2.3. Rellenos en zanja

Se consideran las siguientes zonas y sus correspondientes módulos de compresión :

- Relleno - Módulos de compresión E1 y E2

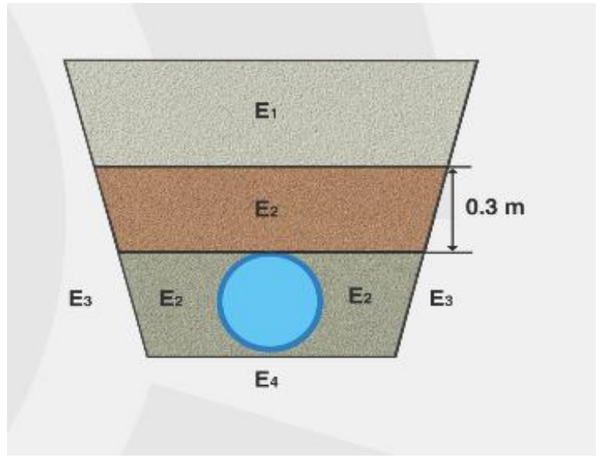
Una vez colocada la tubería y ejecutadas las uniones, se procederá al relleno a ambos lados del tubo. El grado de compactación a obtener será el mismo que el de la cama. Se cuidará especialmente que no queden espacios sin rellenar debajo del tubo.

Si no se realizan ensayos, los valores E1 y E2 pueden tomarse de la tabla “Módulos de compresión” según el grado de compactación específico para el relleno y según el tipo de suelo. Debe tomarse E1 = E2 cuando el material y la compactación, en una y otra zona del relleno sea el mismo.

- Terreno - Módulos de compresión E3 y E4

Respecto al tipo de suelo a ambos lados y por debajo de la zanja, se deben tener en cuenta los módulos de compresión E3 y E4.

Los valores de E3 y E4 deben escogerse de acuerdo con las condiciones reales del terreno de la zanja. Si no se conocen dichos valores, pueden tomarse E3 = E2. En los casos de instalación bajo terraplén, se tomará, en general, E1 = E2 = E3. Para suelos normales, puede tomarse el valor de E4 de la tabla, para compactación de proctor normal del 100% .



Por su parte, debemos definer el modulo de compresión del suelo, dependiendo del tipo de suelo y de su grado de compactación como se verá en la tabla posterior. Se consideran cuatro grupos de suelos :

- G1. No cohesivo. Este grupo incluye las gravas y arenas sueltas. Porcentaje de fino (≤ 0,06 mm), inferior al 5 %.
- G2. Poco cohesivo. Este grupo incluye las gravas y arenas poco arcillosas o limosas. Porcentaje de fino (ф ≤ 0,06 mm), entre el 5 % y el 15 %.
- G3. Moderadamente cohesivo. Este grupo incluye las gravas y arenas arcillosas o limosas. Porcentaje de fino (ф ≤ 0,06 mm), entre el 15 % y el 40 % y los limos poco plásticos.
- G4. Cohesivo. Este grupo incluye las arcillas, los limos y los suelos con mezcla de componentes orgánicos.

A continuación se debe seleccionar el tipo de compactado del relleno :

- Relleno por capas compactadas contra el suelo natural (sin verificación del grado de compactación), aplicable también para paredes soportadas por tablones (construcción Berlinesa).
- Construcción vertical de la zanja del tubo con tablestacas de canal que se retiran después del relleno. Placas o dispositivos de construcción que se retiran paso a paso al rellenar la zanja. Recubrimiento no compactado de la zanja. Inyección del recubrimiento (sólo en suelos del grupo G1).
- Construcción vertical de la zanja con ataguías, perfiles de pilotaje ligeros, tablones de madera, placas u otros dispositivos de construcción que se retiran después del relleno.
- Relleno de la zanja por capas compactadas contra el suelo natural, con verificación del grado de compactación exigido por la Norma UNE-CEN/TR 1046; también para paredes de tablones de soporte (construcción Berlinesa). La condición de relleno A4 no es aplicable a suelos del grupo G4.

Además hay que añadir el peso específico de la tierra de relleno de la zona de la zanja. En caso de instalación bajo zanja terraplenada o de dos instalaciones a distinto nivel, hay que especificar el peso específico del terraplén.

Tabla módulos de compresión E_S (N/mm²)

Grupo de suelo	Compactación proctor normal en %					
	85%	90%	92%	95%	97%	100%
G1. No cohesivo. Este grupo incluye las gravas y arenas sueltas. Porcentaje de fino (≤ 0,06 mm), inferior al 5 %.	2.5	6	9	16	23	40
G2. Poco cohesivo. Este grupo incluye las gravas y arenas poco arcillosas o limosas. Porcentaje de fino (ф ≤ 0,06 mm), entre el 5 % y el 15 %.	1.2	3	4	8	11	20
G3. Moderadamente cohesivo. Este grupo incluye las gravas y arenas arcillosas o limosas. Porcentaje de fino (ф ≤ 0,06 mm), entre el 15 % y el 40 % y los limos poco plásticos.	0.8	2	3	5	8	13
G4. Cohesivo. Este grupo incluye las arcillas, los limos y los suelos con mezcla de componentes orgánicos.	0.6	1.5	2	4	6	10

7.2.4. Sobrecargas

En este trazado, debido a que se realizará en su gran parte por terrenos privados de uso para regadío, no se consideran sobrecargas de tráfico.

No obstante, para aquellos cruces que se requiera, como pueden ser los pasos bajo autovía o carretera de diputación, se protegerá adecuadamente el tubo, bien sea con mediación de una camisa de acero de diámetro superior o bien mediante un dado de hormigón.

7.2.5. Resultados.

Una vez incorporados todos los datos de partida, se obtienen los diferentes resultados en el programa de cálculo (tensiones y deformaciones en la tubería, etc.), considerando unos coeficientes de seguridad mínimos para su aceptación o validación.

Los coeficientes de seguridad para los tubos de PVC-O están indicados en función de la clase de seguridad, y se ha tomado con un porcentaje de rotura del 5% de la resistencia anular a flexión bajo tensión. Las probabilidades de fallo (pf) están clasificadas por clase de seguridad:

- Seguridad Tipo A. Caso general más restrictivo. Aplica un coeficiente de seguridad >2.5.

Amenaza de capa freática

Reducción de servicio

Fallo con consecuencias económicas notables

- Seguridad Tipo B. Caso especial menos restrictivo. Aplica un coeficiente de seguridad > 2.

Sin amenaza de capa freática

Débil reducción de servicio

Fallo con consecuencias económica poco importantes

En los apéndices 1 y 2 se contemplan la salida de resultado de los 2 tramos de tubería anteriormente citados.

9. METODOLOGÍA - CÁLCULO DE ANCLAJES:

Todos los componentes de la conducción que puedan estar sometidos a empujes por efecto de la presión hidráulica, tales como codos, derivaciones, conos de reducción y válvulas de seccionamiento o de regulación, deberán anclarse a un macizo de hormigón armado que contrarreste el empuje y asegure la inmovilidad de estos. En este anejo solo se consideran codos, dado que el resto de los elementos se encuentran situados dentro de arquetas a lo largo del trazado de la impulsión, tanto en el tramo 1 al huerto solar como el tramo 2 al embalse "E".

Para el dimensionamiento de estos macizos, se considerará lo establecido en la Guía Técnica sobre Tuberías para el Transporte de Agua a Presión, del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), del año 2006.

Para el dimensionamiento y armado de los macizos de anclaje de codos horizontales y verticales, se ha realizado el dimensionamiento siguiendo los criterios de la Norma para presiones de 1,6 y 2,0 Mpa, los cuáles se exponen a continuación.

8.1. Criterios de dimensionamiento

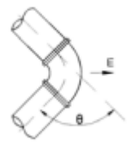
Considerando el valor de la máxima presión de diseño (MPD), los macizos de anclaje se ubicarán únicamente en los codos estimando que el resto de los elementos se encuentran situados dentro de arquetas a lo largo del trazado de la impulsión.

8.2. Dimensionamiento de los macizos de anclaje

8.2.1. Empuje hidráulico (Eb)

El empuje hidráulico en la tubería se considera aquel empuje desfavorable en la resistencia del mismo, el cual se obtiene aplicando la siguiente fórmula para codos:

$$E_b = 2 \times \gamma_f \times P_{int} \times A \times \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \times 10$$



Siendo

Eb: empuje en la tubería, en kg

Γf, densidad del fluido, en kg/m3

P: presión interior en la tubería, en atm

A: área interior de la tubería, en m2

Θ: ángulo interior entre las alineaciones de la tubería

En nuestro caso, el área interior de la tubería resultará:

$$A = \pi \times \left(\frac{D_{int}}{2}\right)^2$$

Siendo D_{int} el diámetro interior de la conducción, en m^2

En cuanto a la densidad del fluido, al estar impulsando agua, resultará 1.000 kg/m2

Si en el caso de la presión interior en la tubería en atm, trabajáramos en metros de columna de agua (mH_2O o mca), la ecuación resultaría:

$$E_b = 2 \times \gamma_f \times P_{int} \times A \times \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

8.2.2. Resistencia al empuje hidrostático:

Lo siguiente que debemos hacer es hallar el volumen necesario del macizo para resistir dicho empuje. En definitiva:

$$E_b \leq \frac{R}{FS}$$

Siendo R la resistencia prevista para el anclaje, en kg, y FS un factor de seguridad asociado. Por lo general, se suele adoptar un valor de 1,15.

La resistencia prevista para el anclaje tiene dos componentes:

- Debido al peso del macizo (Rp)
- Debido a la reacción del terreno (Rt)

La primera, debida al peso del macizo de hormigón, viene expresada por la fórmula:

$$R_p = P \times \tan\varphi$$

En nuestro caso, al tratarse de macizos de hormigón, obtenemos

$$R_p = V_h \times \gamma_h \times \tan\varphi$$

Siendo,

Rp la resistencia al peso en kg

P el peso del anclaje en kg

V es el volumen del macizo en m3

γh es el peso específico del hormigón (2,3 t/m3)

φ el ángulo de rozamiento con el terreno (véase tabla con valores según tipo de suelo)

La segunda componente se debe a la reacción del terreno, y su fórmula es:

$$R_t = C \times A$$

Siendo

Rt la reacción debida al terreno en kg

C la capacidad máxima de resistencia del terreno en kg/m2 (véase la tabla con valores según tipo de suelo)

A la superficie de apoyo del anclaje sobre el lateral de la zanja en m2

En la práctica los anclajes se calculan teniendo en cuenta ambas fuerzas, despreciando el peso del terreno situado sobre el macizo de anclaje (el relleno de zanja sobre el bloque).

En cuanto a las características físicas necesarias para el cálculo de los componentes de la resistencia anteriormente citados, se empleará la siguiente tabla:

CARACTERISTICAS FÍSICAS REPRESENTATIVAS DE DIVERSOS SUELOS				
TIPO DE SUELO	**γ (t/m³)**	**Φ (grados)**	**C (t/m²)**	**C (kg/cm²)**
Arena compacta	1,90	35	20	2
Arena semi-compacta	1,80	32	15	1,5
Arena suelta	1,70	30	<10	<1
Limo firme	2,00	28	1 - 5	0,1 – 0,5
Limo	1,90	25	1 - 5	0,1 – 0,5
Limo blando	1,80	23	1 - 2,5	0,1 – 0,25
Arcilla arenosa firme	1,90	25	10 - 20	1 - 2
Arcilla media	1,80	20	5 - 10	0,5 - 1
Arcilla blanda	1,70	18	2 - 5	0,2 – 0,5

8.2.3. Cálculo del volumen de hormigón y dimensiones geométricas

Resumiendo, el anclaje deberá dimensionarse de forma que cumpla con la siguiente expresión en la que se ha aplicado un coeficiente de seguridad incrementado al 15%, tal y como se indicó en el apartado anterior. Eso significa aplicar la siguiente expresión:

$$E_b \leq \frac{R}{1{,}15} = \frac{R_P + R_T}{1{,}15}$$

Desarrollando esta expresión con lo obtenido en el apartado anterior, se obtiene

$$E_b \leq \frac{V_h \times \gamma_h \times \tan\varphi + C \times A}{1{,}15}$$

En esta última ecuación podemos conocer el área del macizo de anclaje en contacto con el lateral de la zanja. Si consideramos que la reacción del terreno es igual al empuje hidrostático:

$$A = \frac{E_b}{C}$$

Siendo A la citada superficie, en m2 (b*h)

E el empuje provocado por la fuerza hidráulica, en kg

C la capacidad máxima de resistencia del terreno en kg/m2

Una vez obtenido el valor de A, se despeja el volumen de hormigón del macizo de anclaje:

$$1{,}15 \times E_b \leq V_h \times \gamma_h \times \tan\varphi + C \times A$$

De donde:

$$1{,}15 \times E_b - C \times A \leq V_h \times \gamma_h \times \tan\varphi$$

Y, en definitiva:

$$\frac{1{,}15 \times E_b - C \times A}{\gamma_h \times \tan\varphi} \leq V_h$$

Cabe destacar que, de la ecuación anterior, podemos deducir:

$$\frac{1{,}15 \times E_b - E_b}{\gamma_h \times \tan\varphi} = \frac{0{,}15 \times E_b}{\gamma_h \times \tan\varphi} \leq V_h$$

Para calcular la profundidad p, una vez obtenida la superficie de apoyo del anclaje sobre el lateral de la zanja, y sabiendo el volumen del macizo de hormigón:

$$V_h = A \times p$$

De donde:

$$p = \frac{V_h}{A}$$

A partir de aquí, se considerará, a efectos prácticos, que las dimensiones geométricas de la tubería resultarán:

$$V_h = b \times h \times p$$

Siendo,

L, la longitud de hormigón total, en m. Cabe destacar que, en la realidad, resultaría la base de contacto con el terreno en la zanja, ya que el macizo no es un rectángulo si no de forma trapecial (trapecio isósceles), no obstante, de forma práctica y quedando del lado de la seguridad, la longitud L se considerará desde el eje de la tubería, por lo que debe quedar dos extremos del elemento (en nuestro caso del codo) a cada lado de valor L_{ext} = L/2.

h, la altura del macizo,

p, la profundidad, distancia entre la tubería y el contacto entre el la tubería y la superficie de contacto entre el macizo y el terreno de la zanja.

Además, y debido a que los resultados obtenidos son decimales, se estimarán unos valores de dimensiones L, h y p redondeados de forma a obtener un volumen de dimensionamiento Vdim superior al volumen de calculo de hormgion Vcalc = Vh.

Los macizos, además, suelen complementarse con una armadura mínima (cuantía de 10 ó 15 kg/m3).

9. CÁLCULO DE ANCLAJES – TRAMIFICACIÓN Y RESULTADOS:

9.1. Tramificación

A partir de lo expuesto anteriormente se procede a realizar los cálculos mecánicos de los macizos de anclaje, en base a la tramificación del trazado y a las características de los tubos en cada uno de ellos:

- Tramo 1: primer tramo del trazado entre la EDAR de Huércal-Overa y la Planta Solar, con una tubería en PVC-O de diámetro 250 mm y presión nominal 25 atm.
- Tramo 2: tramo del trazado entre la Planta Solar y el embalse “E”, con una tubería en PVC-O de diámetro 400 mm y presión nominal 16 atm. Este tramo intercepta otro tramo existente de la Comunidad de Regantes de Huércal-Overa Norte de diámetro 315 mm y presión nominal 12,5 atm., con lo que no se realizarán los cálculos de dicho último tramo.

En todos los tramos, y a raíz de lo hallado en general en los estudios geotécnicos, se considerará una arcilla media, debido a que, en la mayoría del trazado, nos encontramos con terrenos arcillosos (limos arcillosos, arcillas arenosas, etc.)

9.2. Resultados de cálculo

9.2.1. Codo horizontal de hasta 15º para tubería PVC-O DN250 PN25(Tramo eje 1):

Cálculos realizados según normas de Canal de Isabel II y Manual CEDEX

CODO HORIZONTAL

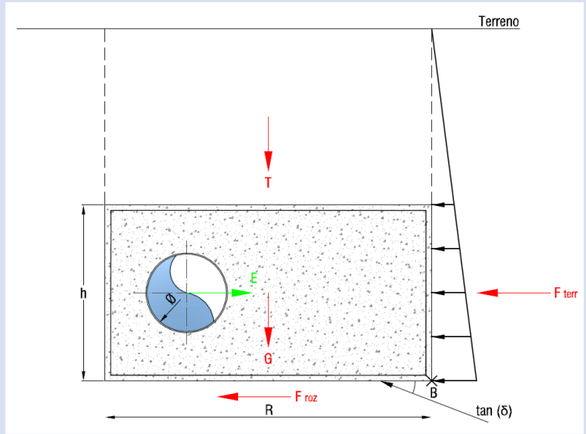
DATOS INICIALES

Anclaje		**Terreno**		**Tubería**		**EMPUJE ACTIVO**		
							º	rad
Material	Hormigón	Material	Arcilla semi-dura	Material	Acero	inclincación terreno i	0	0
Densidad	2300 kg/m3	Densidad	2000 kg/m3	Diametro	230,6 mm	inclinación paramento β	90	1,5708
Densidad	2,3 t/m3	Densidad	2 t/m3	Diametro	0,2306 m	ang. Rozamiento muro-terr δ	0	0
Armadura?	SI	Angulo roz. Int.	30 º	Sección	0,041764615 m2	ang. Rozamiento interno terr ϕ	30	0,5236
Material	Acero B500S	Angulo roz. Int.	0,5236 rad	Presión tubería	25 bar			
Densidad	7850 kg/m3	Altura terr.sup.	2 m	Presión tubería	2,5 N/mm2			
Densidad	7,85 t/m3	Coef. Roz. Terreno-anclaje	0,33			cosec β		1
		Resistencia terreno	10 t/m2			sen (β-ϕ)		0,8660
		Pres. admisible terreno	20 t/m2			(sen(β+δ))^0,5		1
						(sen(δ+ϕ)*sen(ϕ-i)/sen(β-i))^0,5		0,5
						K(A)		0,3333

ELEMENTO	**Codo**
Ángulo (si codo)	15 º
Ángulo (si codo)	0,2617994 rad

PREDIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE EMPUJES

EMPUJES		**PREDIMENSIONAMIENTO**		
Empuje hidróstático	**2,726 t**	h	0,8	m
		L	1,2	m
Peso del macizo	1,778 t	R	0,8	m
Peso del terreno sobre mac.	3,840 t	V	0,768	m3
tanϕ	0,577	Peso hormigón	1,766	t
Froz	**3,244 t**	Cuantía acero (2 por mil)	0,002	m3
		peso acero mínimo	**0,012**	**t**
Fter	**1,536 t**	Peso total estimado ancla	1,778	t
N(0)	5,618 t	*NOTA: el anclaje NO debe cubrir uniones soldadas para op. De mantenimiento*		
M(0)	1,716 t*m			
e	0,305 m	**AREA MINIMA CONTACTO LATERAL MACIZO-TERRENO**		
L1	0,589	Amin	0,136284406	m2
L2	1,200	Areal	1,088	m2
presiones sobre el terreno	**2,349** t/m2	**CUMPLE**		



COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Seguridad al deslizamiento	**1,754**	**>**	**1,5**	**CUMPLE**
Seguridad al vuelco	**2,343**	**>**	**1,8**	**CUMPLE**
Seguridad al hundimiento	**2,349**	**<**	**10**	**CUMPLE**

9.2.2. Codo horizontal entre hasta 15º y 25º para tubería PVC-O DN250 PN25(Tramo eje 1):

Cálculos realizados según normas de Canal de Isabel II y Manual CEDEX

CODO HORIZONTAL

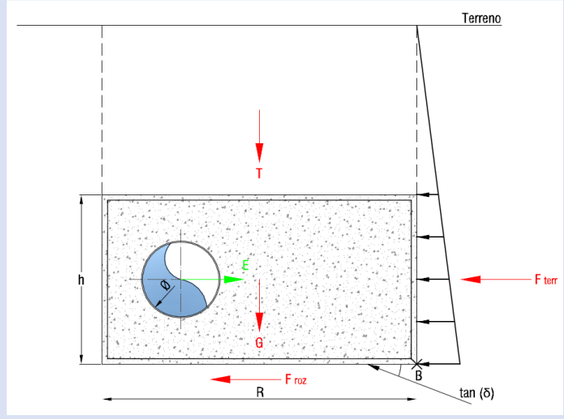
DATOS INICIALES

Anclaje		**Terreno**		**Tubería**		**EMPUJE ACTIVO**		
Material	Hormigón	Material	Arcilla semi-dura	Material	PVC-O		º	rad
Densidad	2300 kg/m3	Densidad	2000 kg/m3	Diametro	230,6 mm	inclincación terreno i	0	0
Densidad	2,3 t/m3	Densidad	2 t/m3	Diametro	0,2306 m	inclinación paramento β	90	1,5708
Armadura?	SI	Angulo roz. Int.	30 º	Sección	0,041764615 m2	ang. Rozamiento muro-terr δ	0	0
Material	Acero B500S	Angulo roz. Int.	0,5236 rad	Presión tubería	25 bar	ang. Rozamiento interno terr (	30	0,5236
Densidad	7850 kg/m3	Altura terr.sup.	2 m	Presión tubería	2,5 N/mm2			
Densidad	7,85 t/m3	Coef. Roz. Terreno-anclaje	0,33			cosec β		1
		Resistencia terreno	10 t/m2			sen (β-ϕ)		0,8660
		Pres. admisible terreno	20 t/m2			(sen(β+δ))^0,5		1
						(sen(δ+ϕ)*sen(ϕ-i)/sen(β-i))^0,5		0,5
						K(A)		0,3333

ELEMENTO	**Codo**
Ángulo (si codo)	25 º
Ángulo (si codo)	0,4363323 rad

PREDIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE EMPUJES

EMPUJES		**PREDIMENSIONAMIENTO**	
Empuje hidróstático	**4,520 t**	h	1 m
		L	1,3 m
Peso del macizo	3,010 t	R	1 m
Peso del terreno sobre mac.	5,200 t	V	1,300 m3
tanϕ	0,577	Peso hormigón	2,990 t
Froz	**4,740 t**	Cuantía acero (2 por mil)	0,003 m3
		peso acero mínimo	**0,020 t**
Fter	**2,167 t**	Peso total estimado ancla	3,010 t
N(0)	8,210 t	*NOTA: el anclaje NO debe cubrir uniones soldadas para op. De mantenimiento*	
M(0)	3,509 t*m		
e	0,427 m	**AREA MINIMA CONTACTO LATERAL MACIZO-TERRENO**	
L1	0,445	Amin	0,225987931 m2
L2	1,300	Areal	1,7 m2
presiones sobre el terreno	**8,182** t/m2	**CUMPLE**	



COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Seguridad al deslizamiento	**1,528**	**>**	**1,5**	**CUMPLE**
Seguridad al vuelco	**2,056**	**>**	**1,8**	**CUMPLE**
Seguridad al hundimiento	**8,182**	**<**	**10**	**CUMPLE**

9.2.3. Codo horizontal entre hasta 25º y 35º para tubería PVC-O DN250 PN25(Tramo eje 1):

Cálculos realizados según normas de Canal de Isabel II y Manual CEDEX

CODO HORIZONTAL

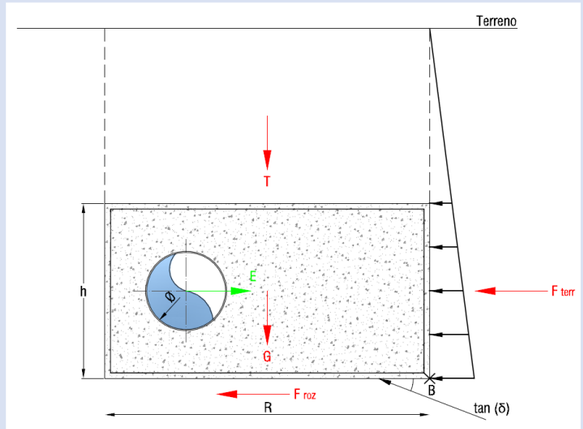
DATOS INICIALES

Anclaje		**Terreno**		**Tubería**		**EMPUJE ACTIVO**		
							º	rad
Material	Hormigón	Material	Arcilla semi-dura	Material	PVC-O	inclincación terreno i	0	0
Densidad	2300 kg/m3	Densidad	2000 kg/m3	Diametro	230,6 mm	inclinación paramento β	90	1,5708
Densidad	2,3 t/m3	Densidad	2 t/m3	Diametro	0,2306 m	ang. Rozamiento muro-terr δ	0	0
Armadura?	SI	Angulo roz. Int.	30 º	Sección	0,041764615 m2	ang. Rozamiento interno terr ϕ	30	0,5236
Material	Acero B500S	Angulo roz. Int.	0,5236 rad	Presión tubería	25 bar			
Densidad	7850 kg/m3	Altura terr.sup.	2 m	Presión tubería	2,5 N/mm2	cosec β		1
Densidad	7,85 t/m3	Coef. Roz. Terreno-anclaje	0,33			sen (β-ϕ)		0,8660
		Resistencia terreno	10 t/m2			(sen(β+δ))^0,5		1
		Pres. admisible terreno	20 t/m2			(sen(δ+ϕ)*sen(ϕ-i)/sen(β-i))^0,5		0,5
						K(A)		0,3333

ELEMENTO	**Codo**
Ángulo (si codo)	35 º
Ángulo (si codo)	0,6108652 rad

PREDIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE EMPUJES

EMPUJES		**PREDIMENSIONAMIENTO**		
Empuje hidróstático	**6,279 t**	h	1	m
		L	1,6	m
Peso del macizo	4,446 t	R	1,2	m
Peso del terreno sobre mac.	7,680 t	V	1,920	m3
tanϕ	0,577	Peso hormigón	4,416	t
Froz	**7,001 t**	Cuantía acero (2 por mil)	0,004	m3
		peso acero mínimo	**0,030**	**t**
Fter	**2,667 t**	Peso total estimado ancla	4,446	t
N(0)	12,126 t	*NOTA: el anclaje NO debe cubrir uniones soldadas para op. De mantenimiento*		
M(0)	4,786 t*m			
e	0,395 m	**AREA MINIMA CONTACTO LATERAL MACIZO-TERRENO**		
L1	0,811	Amin	0,313971552	m2
L2	1,600	Areal	2,36	m2
presiones sobre el terreno	**3,349** t/m2	**CUMPLE**		



COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Seguridad al deslizamiento	**1,540**	**>**	**1,5**	**CUMPLE**
Seguridad al vuelco	**2,143**	**>**	**1,8**	**CUMPLE**
Seguridad al hundimiento	**3,349**	**<**	**10**	**CUMPLE**

9.2.4. Codo horizontal entre hasta 35º y 50º para tubería PVC-O DN250 PN25(Tramo eje 1):

Cálculos realizados según normas de Canal de Isabel II y Manual CEDEX

CODO HORIZONTAL

DATOS INICIALES

Anclaje

Material	Hormigón	
Densidad	2300	kg/m3
Densidad	2,3	t/m3
Armadura?	SI	
Material	Acero B500S	
Densidad	7850	kg/m3
Densidad	7,85	t/m3

Terreno

Material	Arcilla semi-dura	
Densidad	2000	kg/m3
Densidad	2	t/m3
Angulo roz. Int.	30	º
Angulo roz. Int.	0,5236	rad
Altura terr.sup.	2	m
Coef. Roz. Terreno-anclaje	0,33	
Resistencia terreno	10	t/m2
Pres. admisible terreno	20	t/m2

Tubería

Material	PVC-O	
Diametro	230,6	mm
Diametro	0,2306	m
Sección	0,041764615	m2
Presión tubería	25	bar
Presión tubería	2,5	N/mm2

EMPUJE ACTIVO

	º	rad
inclincación terreno i	0	0
inclinación paramento β	90	1,5708
ang. Rozamiento muro-terr δ	0	0
ang. Rozamiento interno terr	30	0,5236
cosec β		1
sen (β-ϕ)		0,8660
(sen(β+δ))^0,5		1
(sen(δ+ϕ)*sen(ϕ-i)/sen(β-i))^0,5		0,5
K(A)		0,3333

ELEMENTO	**Codo**
Ángulo (si codo)	50 º
Ángulo (si codo)	0,8726646 rad

PREDIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE EMPUJES

EMPUJES		
Empuje hidróstático	**8,825**	**t**
Peso del macizo	6,484	t
Peso del terreno sobre mac.	11,200	t
tanϕ	0,577	
Froz	**10,210**	**t**
Fter	**3,333**	**t**
N(0)	17,684	t
M(0)	6,647	t*m
e	0,376	m
L1	1,248	
L2	2,000	
presiones sobre el terreno	**1,084**	t/m2

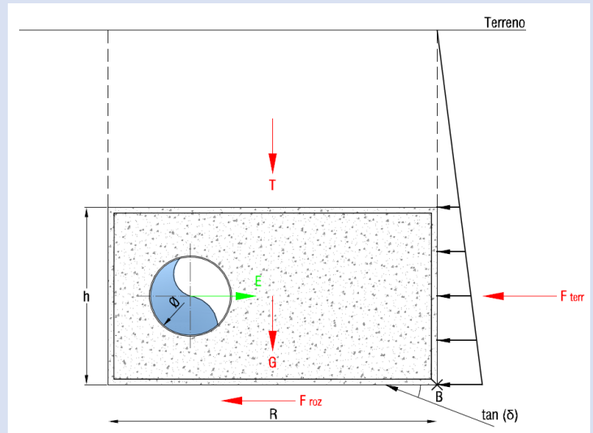
PREDIMENSIONAMIENTO

h	1	m
L	2	m
R	1,4	m
V	2,800	m3
Peso hormigón	6,440	t
Cuantía acero (2 por mil)	0,006	m3
peso acero mínimo	**0,044**	**t**
Peso total estimado ancla	6,484	t

NOTA: el anclaje NO debe cubrir uniones soldadas para op. De mantenimiento

AREA MINIMA CONTACTO LATERAL MACIZO-TERRENO

Amin	0,44126223	m2
Areal	3,16	m2
CUMPLE		



COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Seguridad al deslizamiento	**1,535**	**>**	**1,5**	**CUMPLE**
Seguridad al vuelco	**2,193**	**>**	**1,8**	**CUMPLE**
Seguridad al hundimiento	**1,084**	**<**	**10**	**CUMPLE**

9.2.5. Codo horizontal entre hasta 50º y 75º para tubería PVC-O DN250 PN25(Tramo eje 1):

Cálculos realizados según normas de Canal de Isabel II y Manual CEDEX

CODO HORIZONTAL

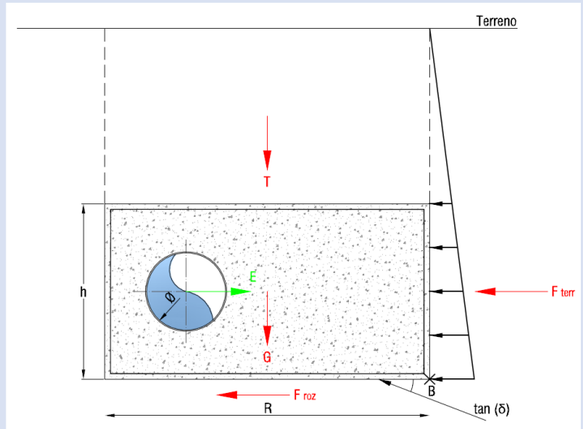
DATOS INICIALES

Anclaje		**Terreno**		**Tubería**		**EMPUJE ACTIVO**		
							º	rad
Material	Hormigón	Material	Arcilla semi-dura	Material	PVC-O	inclincación terreno i	0	0
Densidad	2300 kg/m3	Densidad	2000 kg/m3	Diametro	230,6 mm	inclinación paramento β	90	1,5708
Densidad	2,3 t/m3	Densidad	2 t/m3	Diametro	0,2306 m	ang. Rozamiento muro-terr δ	0	0
Armadura?	SI	Angulo roz. Int.	30 º	Sección	0,041764615 m2	ang. Rozamiento interno terr ϕ	30	0,5236
Material	Acero B500S	Angulo roz. Int.	0,5236 rad	Presión tubería	25 bar			
Densidad	7850 kg/m3	Altura terr.sup.	2 m	Presión tubería	2,5 N/mm2	cosec β		1
Densidad	7,85 t/m3	Coef. Roz. Terreno-anclaje	0,33			sen (β-ϕ)		0,8660
		Resistencia terreno	10 t/m2			(sen(β+δ))^0,5		1
		Pres. admisible terreno	20 t/m2			(sen(δ+ϕ)*sen(ϕ-i)/sen(β-i))^0,5		0,5
						K(A)		0,3333

ELEMENTO	**Codo**
Ángulo (si codo)	75 º
Ángulo (si codo)	1,3089969 rad

PREDIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE EMPUJES

EMPUJES		**PREDIMENSIONAMIENTO**		
Empuje hidróstático	**12,712 t**	h	1,2	m
		L	2,4	m
Peso del macizo	10,004 t	R	1,5	m
Peso del terreno sobre mac.	14,400 t	V	4,320	m3
tanϕ	0,577	Peso hormigón	9,936	t
Froz	**14,090 t**	Cuantía acero (2 por mil)	0,009	m3
		peso acero mínimo	**0,068**	**t**
Fter	**4,992 t**	Peso total estimado ancla	10,004	t
N(0)	24,404 t	*NOTA: el anclaje NO debe cubrir uniones soldadas para op. De mantenimiento*		
M(0)	11,108 t*m			
e	0,455 m	**AREA MINIMA CONTACTO LATERAL MACIZO-TERRENO**		
L1	1,490	Amin	0,635617175	m2
L2	2,400	Areal	5,4	m2
presiones sobre el terreno	**0,426** t/m2	**CUMPLE**		



COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Seguridad al deslizamiento	**1,501**	**>**	**1,5**	**CUMPLE**
Seguridad al vuelco	**2,116**	**>**	**1,8**	**CUMPLE**
Seguridad al hundimiento	**0,426**	**<**	**10**	**CUMPLE**

9.2.6. Codo horizontal entre hasta 75º y 90º para tubería PVC-O DN250 PN25(Tramo eje 1):+

Cálculos realizados según normas de Canal de Isabel II y Manual CEDEX

CODO HORIZONTAL

DATOS INICIALES

Anclaje		**Terreno**		**Tubería**		**EMPUJE ACTIVO**		
Material	Hormigón	Material	Arcilla semi-dura	Material	PVC-O		º	rad
Densidad	2300 kg/m3	Densidad	2000 kg/m3	Diametro	230,6 mm	inclinación terreno i	0	0
Densidad	2,3 t/m3	Densidad	2 t/m3	Diametro	0,2306 m	inclinación paramento β	90	1,5708
Armadura?	SI	Angulo roz. Int.	30 º	Sección	0,041764615 m2	ang. Rozamiento muro-terr δ	0	0
Material	Acero B500S	Angulo roz. Int.	0,5236 rad	Presión tubería	25 bar	ang. Rozamiento interno terr ϕ	30	0,5236
Densidad	7850 kg/m3	Altura terr.sup.	2 m	Presión tubería	2,5 N/mm2			
Densidad	7,85 t/m3	Coef. Roz. Terreno-anclaje	0,33			cosec β		1
		Resistencia terreno	10 t/m2			sen (β-ϕ)		0,8660
		Pres. admisible terreno	20 t/m2			(sen(β+δ))^0,5		1
						(sen(δ+ϕ)*sen(ϕ-i)/sen(β-i))^0,5		0,5
						K(A)		0,3333

ELEMENTO	**Codo**
Ángulo (si codo)	90 º
Ángulo (si codo)	1,5629423 rad

PREDIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE EMPUJES

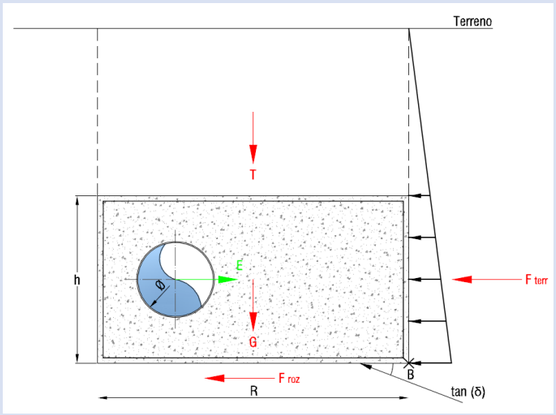
EMPUJES		
Empuje hidróstático	**14,420**	**t**
Peso del macizo	11,560	t
Peso del terreno sobre mac.	16,640	t
tanϕ	0,577	
Froz	**16,281**	**t**
Fter	**5,408**	**t**
N(0)	28,200	t
M(0)	12,511	t*m
e	0,444	m
L1	1,713	
L2	2,600	
presiones sobre el terreno	**-0,067**	t/m2

PREDIMENSIONAMIENTO		
h	1,2	m
L	2,6	m
R	1,6	m
V	4,992	m3
Peso hormigón	11,482	t
Cuantía acero (2 por mil)	0,010	m3
peso acero mínimo	**0,078**	**t**
Peso total estimado ancla	11,560	t

NOTA: el anclaje NO debe cubrir uniones soldadas para op. De mantenimiento

AREA MINIMA CONTACTO LATERAL MACIZO-TERRENO

Amin	0,72098232	m2
Areal	6,96	m2
CUMPLE		



COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Seguridad al deslizamiento	**1,504**	**>**	**1,5**	**CUMPLE**
Seguridad al vuelco	**2,143**	**>**	**1,8**	**CUMPLE**
Seguridad al hundimiento	**-0,067**	**<**	**10**	**CUMPLE**

9.2.7. Codo horizontal de hasta 15º para tubería PVC-O DN400 PN16 (Tramo eje 2):

Cálculos realizados según normas de Canal de Isabel II y Manual CEDEX

CODO HORIZONTAL

DATOS INICIALES

Anclaje			**Terreno**			**Tubería**			**EMPUJE ACTIVO**		
Material	Hormigón		Material	Arcilla semi-dura		Material	Acero			º	rad
Densidad	2300	kg/m3	Densidad	2000	kg/m3	Diametro	378.4	mm	inclincación terreno i	0	0
Densidad	2.3	t/m3	Densidad	2	t/m3	Diametro	0.3784	m	inclinación paramento β	90	1.5708
Armadura?	SI		Angulo roz. Int.	30	º	Sección	0.112458461	m2	ang. Rozamiento muro-terr δ	0	0
Material	Acero B500S		Angulo roz. Int.	0.5236	rad	Presión tubería	16	bar	ang. Rozamiento interno terr (	30	0.5236
Densidad	7850	kg/m3	Altura terr.sup.	2	m	Presión tubería	1.6	N/mm2			
Densidad	7.85	t/m3	Coef. Roz. Terreno-anclaje	0.33					cosec β		1
			Resistencia terreno	10	t/m2				sen (β-ϕ)		0.8660
			Pres. admisible terreno	20	t/m2				(sen(β+δ))^0,5		1
									(sen(δ+ϕ)*sen(ϕ-i)/sen(β-i))^0,5		0.5
									K(A)		0.3333

ELEMENTO	**Codo**	
Ángulo (si codo)	15	º
Ángulo (si codo)	0.2617994	rad

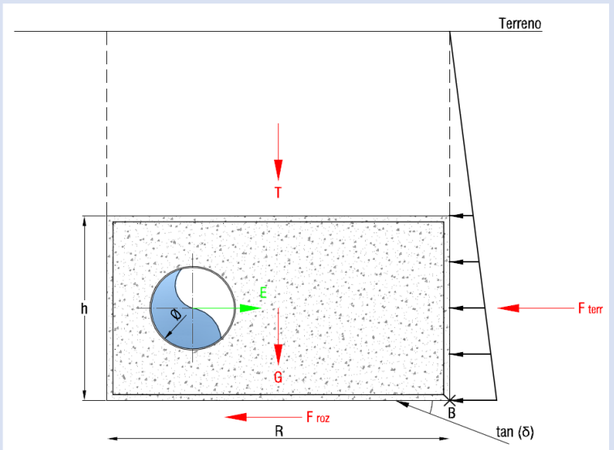
PREDIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE EMPUJES

EMPUJES		
Empuje hidróstático	**4.697**	**t**
Peso del macizo	3.914	t
Peso del terreno sobre mac.	6.760	t
tanϕ	0.577	
Froz	**6.162**	**t**
Fter	**2.167**	**t**
N(0)	10.674	t
M(0)	3.383	t*m
e	0.317	m
L1	0.666	
L2	1.300	
presiones sobre el terreno	**6.325**	t/m2

PREDIMENSIONAMIENTO		
h	1	m
L	1.3	m
R	1.3	m
V	1.690	m3
Peso hormigón	3.887	t
Cuantía acero (2 por mil)	0.003	m3
peso acero mínimo	**0.027**	**t**
Peso total estimado ancla	3.914	t

NOTA: el anclaje NO debe cubrir uniones soldadas para op. De mantenimiento

AREA MINIMA CONTACTO LATERAL MACIZO-TERRENO		
Amin	0.234860396	m2
Areal	1.3	m2
CUMPLE		



COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Seguridad al deslizamiento	**1.773**	**>**	**1.5**	**CUMPLE**
Seguridad al vuelco	**2.503**	**>**	**1.8**	**CUMPLE**
Seguridad al hundimiento	**6.325**	**<**	**10**	**CUMPLE**

9.2.8. Codo horizontal entre 15º y 25º para tubería PVC-O DN400 PN16 (Tramo eje 2):

Cálculos realizados según normas de Canal de Isabel II y Manual CEDEX

CODO HORIZONTAL

DATOS INICIALES

Anclaje

Material	Hormigón	
Densidad	2300	kg/m3
Densidad	2.3	t/m3
Armadura?	SI	
Material	Acero B500S	
Densidad	7850	kg/m3
Densidad	7.85	t/m3

Terreno

Material	Arcilla semi-dura	
Densidad	2000	kg/m3
Densidad	2	t/m3
Angulo roz. Int.	30	º
Angulo roz. Int.	0.5236	rad
Altura terr.sup.	2	m
Coef. Roz. Terreno-anclaje	0.33	
Resistencia terreno	10	t/m2
Pres. admisible terreno	20	t/m2

Tubería

Material	PVC-O	
Diametro	378.4	mm
Diametro	0.3784	m
Sección	0.112458461	m2
Presión tubería	16	bar
Presión tubería	1.6	N/mm2

EMPUJE ACTIVO

	º	rad
inclincación terreno i	0	0
inclinación paramento β	90	1.5708
ang. Rozamiento muro-terr δ	0	0
ang. Rozamiento interno terr ϕ	30	0.5236
cosec β		1
sen (β-ϕ)		0.8660
(sen(β+δ))^0,5		1
(sen(δ+ϕ)*sen(ϕ-i)/sen(β-i))^0,5		0.5
K(A)		0.3333

ELEMENTO **Codo**

Ángulo (si codo)	25	º
Ángulo (si codo)	0.4363323	rad

PREDIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE EMPUJES

EMPUJES		
Empuje hidróstático	**7.789**	**t**
Peso del macizo	7.114	t
Peso del terreno sobre mac.	10.240	t
tanϕ	0.577	
Froz	**10.019**	**t**
Fter	**3.328**	**t**
N(0)	17.354	t
M(0)	6.398	t*m
e	0.369	m
L1	0.863	
L2	1.600	
presiones sobre el terreno	**6.173**	t/m2

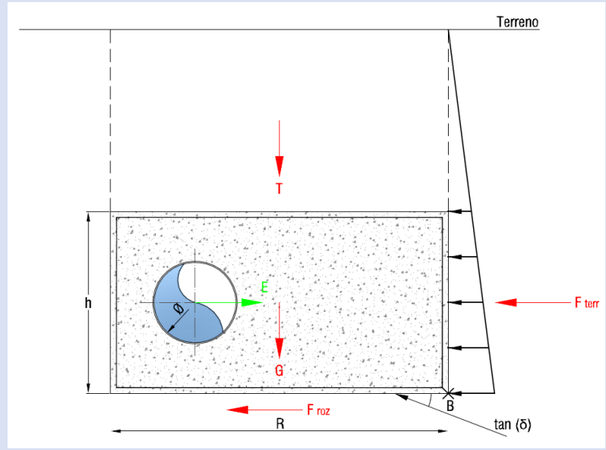
PREDIMENSIONAMIENTO

h	1.2	m
L	1.6	m
R	1.6	m
V	3.072	m3
Peso hormigón	7.066	t
Cuantía acero (2 por mil)	0.006	m3
peso acero mínimo	**0.048**	**t**
Peso total estimado ancla	7.114	t

NOTA: el anclaje NO debe cubrir uniones soldadas para op. De mantenimiento

AREA MINIMA CONTACTO LATERAL MACIZO-TERRENO

Amin	0.389447455	m2
Areal	1.92	m2
CUMPLE		



COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Seguridad al deslizamiento	**1.714**	**>**	**1.5**	**CUMPLE**
Seguridad al vuelco	**2.442**	**>**	**1.8**	**CUMPLE**
Seguridad al hundimiento	**6.173**	**<**	**10**	**CUMPLE**

9.2.9. Codo horizontal entre 25º y 35º para tubería PVC-O DN400 PN16 (Tramo eje 2):

Cálculos realizados según normas de Canal de Isabel II y Manual CEDEX

CODO HORIZONTAL

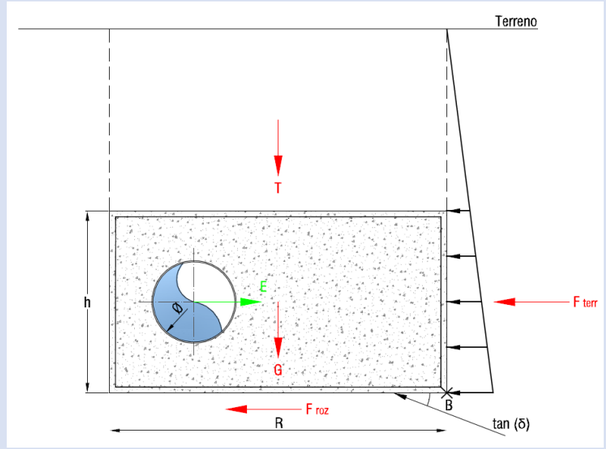
DATOS INICIALES

Anclaje		**Terreno**		**Tubería**		**EMPUJE ACTIVO**		
							º	rad
Material	Hormigón	Material	Arcilla semi-dura	Material	PVC-O	inclincación terreno i	0	0
Densidad	2300 kg/m3	Densidad	2000 kg/m3	Diametro	378.4 mm	inclinación paramento β	90	1.5708
Densidad	2.3 t/m3	Densidad	2 t/m3	Diametro	0.3784 m	ang. Rozamiento muro-terr δ	0	0
Armadura?	SI	Angulo roz. Int.	30 º	Sección	0.112458461 m2	ang. Rozamiento interno terr	30	0.5236
Material	Acero B500S	Angulo roz. Int.	0.5236 rad	Presión tubería	16 bar			
Densidad	7850 kg/m3	Altura terr.sup.	2 m	Presión tubería	1.6 N/mm2	cosec β		1
Densidad	7.85 t/m3	Coef. Roz. Terreno-anclaje	0.33			sen (β-ϕ)		0.8660
		Resistencia terreno	10 t/m2			(sen(β+δ))^0,5		1
		Pres. admisible terreno	20 t/m2			(sen(δ+ϕ)*sen(ϕ-i)/sen(β-i))^0,5		0.5
						K(A)		0.3333

ELEMENTO	**Codo**
Ángulo (si codo)	35 º
Ángulo (si codo)	0.6108652 rad

PREDIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE EMPUJES

EMPUJES		**PREDIMENSIONAMIENTO**	
Empuje hidróstático	**10.821 t**	h	1.3 m
		L	1.8 m
Peso del macizo	9.754 t	R	1.8 m
Peso del terreno sobre mac.	12.960 t	V	4.212 m3
tanϕ	0.577	Peso hormigón	9.688 t
Froz	**13.114 t**	Cuantía acero (2 por mil)	0.008 m3
		peso acero mínimo	**0.066 t**
Fter	**4.134 t**	Peso total estimado ancla	9.754 t
N(0)	22.714 t	*NOTA: el anclaje NO debe cubrir uniones soldadas para op. De mantenimiento*	
M(0)	9.627 t*m		
e	0.424 m	**AREA MINIMA CONTACTO LATERAL MACIZO-TERRENO**	
L1	0.952	Amin	0.541070584 m2
L2	1.800	Areal	2.34 m2
presiones sobre el terreno	**6.650** t/m2	**CUMPLE**	



COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Seguridad al deslizamiento	**1.594**	**>**	**1.5**	**CUMPLE**
Seguridad al vuelco	**2.290**	**>**	**1.8**	**CUMPLE**
Seguridad al hundimiento	**6.650**	**<**	**10**	**CUMPLE**

9.2.10. Codo horizontal entre 35º y 50º para tubería PVC-O DN400 PN16 (Tramo eje 2):

Cálculos realizados según normas de Canal de Isabel II y Manual CEDEX

CODO HORIZONTAL

DATOS INICIALES

Anclaje

Material	Hormigón	
Densidad	2300	kg/m3
Densidad	2.3	t/m3
Armadura?	SI	
Material	Acero B500S	
Densidad	7850	kg/m3
Densidad	7.85	t/m3

Terreno

Material	Arcilla semi-dura	
Densidad	2000	kg/m3
Densidad	2	t/m3
Angulo roz. Int.	30	º
Angulo roz. Int.	0.5236	rad
Altura terr.sup.	2	m
Coef. Roz. Terreno-anclaje	0.33	
Resistencia terreno	10	t/m2
Pres. admisible terreno	20	t/m2

Tubería

Material	PVC-O	
Diametro	378.4	mm
Diametro	0.3784	m
Sección	0.112458461	m2
Presión tubería	16	bar
Presión tubería	1.6	N/mm2

EMPUJE ACTIVO

	º	rad
inclincación terreno i	0	0
inclinación paramento β	90	1.5708
ang. Rozamiento muro-terr δ	0	0
ang. Rozamiento interno terr ϕ	30	0.5236
cosec β		1
sen (β-ϕ)		0.8660
(sen(β+δ))^0,5		1
(sen(δ+ϕ)*sen(ϕ-i)/sen(β-i))^0,5		0.5
K(A)		0.3333

ELEMENTO **Codo**

Ángulo (si codo)	50	º
Ángulo (si codo)	0.8726646	rad

PREDIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE EMPUJES

EMPUJES		
Empuje hidróstático	**15.209**	**t**
Peso del macizo	15.318	t
Peso del terreno sobre mac.	17.640	t
tanϕ	0.577	
Froz	**19.029**	**t**
Fter	**5.775**	**t**
N(0)	32.958	t
M(0)	14.544	t*m
e	0.441	m
L1	1.217	
L2	2.100	
presiones sobre el terreno	**5.892**	t/m2

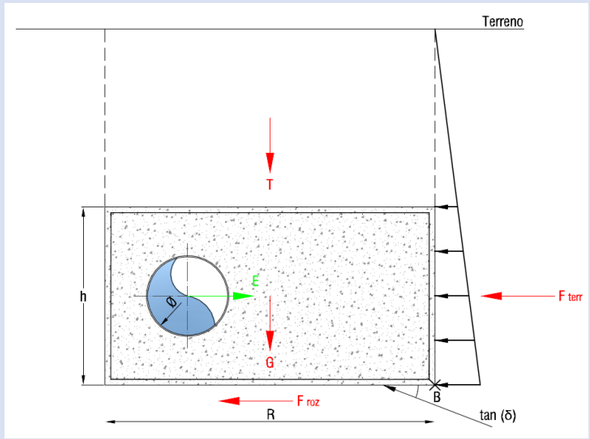
PREDIMENSIONAMIENTO

h	1.5	m
L	2.1	m
R	2.1	m
V	6.615	m3
Peso hormigón	15.215	t
Cuantía acero (2 por mil)	0.013	m3
peso acero mínimo	**0.104**	**t**
Peso total estimado ancla	15.318	t

NOTA: el anclaje NO debe cubrir uniones soldadas para op. De mantenimiento

AREA MINIMA CONTACTO LATERAL MACIZO-TERRENO

Amin	0.760431991	m2
Areal	3.15	m2
CUMPLE		



COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Seguridad al deslizamiento	**1.631**	**>**	**1.5**	**CUMPLE**
Seguridad al vuelco	**2.357**	**>**	**1.8**	**CUMPLE**
Seguridad al hundimiento	**5.892**	**<**	**10**	**CUMPLE**

9.2.11. Codo horizontal entre 50º y 75º para tubería PVC-O DN400 PN16 (Tramo eje 2):

Cálculos realizados según normas de Canal de Isabel II y Manual CEDEX

CODO HORIZONTAL

DATOS INICIALES

Anclaje

Material	Hormigón	
Densidad	2300	kg/m3
Densidad	2.3	t/m3
Armadura?	SI	
Material	Acero B500S	
Densidad	7850	kg/m3
Densidad	7.85	t/m3

Terreno

Material	Arcilla semi-dura	
Densidad	2000	kg/m3
Densidad	2	t/m3
Angulo roz. Int.	30	º
Angulo roz. Int.	0.5236	rad
Altura terr.sup.	2	m
Coef. Roz. Terreno-anclaje	0.33	
Resistencia terreno	10	t/m2
Pres. admisible terreno	20	t/m2

Tubería

Material	PVC-O	
Diametro	378.4	mm
Diametro	0.3784	m
Sección	0.112458461	m2
Presión tubería	16	bar
Presión tubería	1.6	N/mm2

EMPUJE ACTIVO

	º	rad
inclincación terreno i	0	0
inclinación paramento β	90	1.5708
ang. Rozamiento muro-terr δ	0	0
ang. Rozamiento interno terr	30	0.5236
cosec β		1
sen (β-ϕ)		0.8660
(sen(β+δ))^0,5		1
(sen(δ+ϕ)*sen(ϕ-i)/sen(β-i))^0,5		0.5
K(A)		0.3333

ELEMENTO **Codo**

Ángulo (si codo)	75	º
Ángulo (si codo)	1.3089969	rad

PREDIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE EMPUJES

EMPUJES

Empuje hidróstático	**21.907**	**t**
Peso del macizo	23.157	t
Peso del terreno sobre mac.	25.000	t
tanϕ	0.577	
Froz	**27.803**	**t**
Fter	**7.467**	**t**
N(0)	48.157	t
M(0)	21.541	t*m
e	0.447	m
L1	1.605	
L2	2.500	
presiones sobre el terreno	**4.799**	t/m2

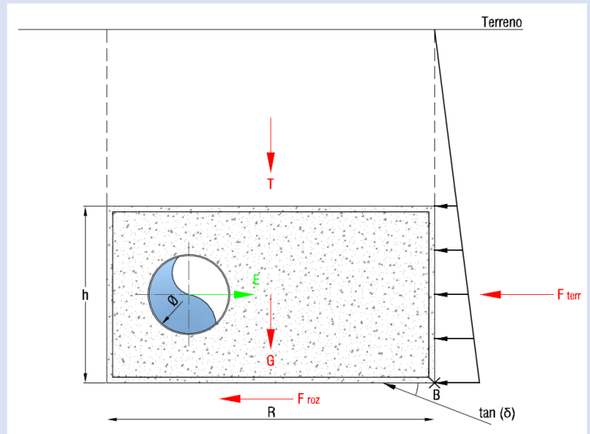
PREDIMENSIONAMIENTO

h	1.6	m
L	2.5	m
R	2.5	m
V	10.000	m3
Peso hormigón	23.000	t
Cuantía acero (2 por mil)	0.020	m3
peso acero mínimo	**0.157**	**t**
Peso total estimado ancla	23.157	t

NOTA: el anclaje NO debe cubrir uniones soldadas para op. De mantenimiento

AREA MINIMA CONTACTO LATERAL MACIZO-TERRENO

Amin	1.095365977	m2
Areal	4	m2
CUMPLE		



COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Seguridad al deslizamiento	**1.610**	**>**	**1.5**	**CUMPLE**
Seguridad al vuelco	**2.369**	**>**	**1.8**	**CUMPLE**
Seguridad al hundimiento	**4.799**	**<**	**10**	**CUMPLE**

9.2.12. Codo horizontal entre 75º y 90º para tubería PVC-O DN400 PN16 (Tramo eje 2):

Cálculos realizados según normas de Canal de Isabel II y Manual CEDEX

CODO HORIZONTAL

DATOS INICIALES

Anclaje

Material	Hormigón	
Densidad	2300	kg/m3
Densidad	2.3	t/m3
Armadura?	SI	
Material	Acero B500S	
Densidad	7850	kg/m3
Densidad	7.85	t/m3

Terreno

Material	Arcilla semi-dura	
Densidad	2000	kg/m3
Densidad	2	t/m3
Angulo roz. Int.	30	º
Angulo roz. Int.	0.5236	rad
Altura terr.sup.	2	m
Coef. Roz. Terreno-anclaje	0.33	
Resistencia terreno	10	t/m2
Pres. admisible terreno	20	t/m2

Tubería

Material	PVC-O	
Diametro	378.4	mm
Diametro	0.3784	m
Sección	0.112458461	m2
Presión tubería	16	bar
Presión tubería	1.6	N/mm2

EMPUJE ACTIVO

	º	rad
inclincación terreno i	0	0
inclinación paramento β	90	1.5708
ang. Rozamiento muro-terr δ	0	0
ang. Rozamiento interno terr ϕ	30	0.5236
cosec β		1
sen (β-ϕ)		0.8660
(sen(β+δ))^0,5		1
(sen(δ+ϕ)*sen(ϕ-i)/sen(β-i))^0,5		0.5
K(A)		0.3333

ELEMENTO **Codo**

Ángulo (si codo)	90	º
Ángulo (si codo)	1.5707963	rad

PREDIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE EMPUJES

EMPUJES		
Empuje hidróstático	**25.446**	**t**
Peso del macizo	28.177	t
Peso del terreno sobre mac.	27.040	t
tanϕ	0.577	
Froz	**31.880**	**t**
Fter	**9.048**	**t**
N(0)	55.217	t
M(0)	26.822	t*m
e	0.486	m
L1	1.629	
L2	2.600	
presiones sobre el terreno	**5.441**	t/m2

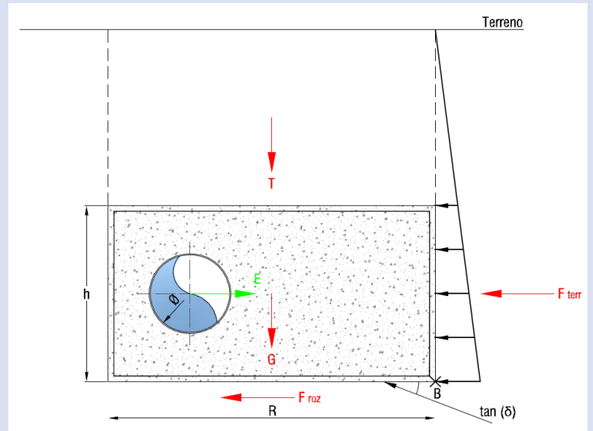
PREDIMENSIONAMIENTO

h	1.8	m
L	2.6	m
R	2.6	m
V	12.168	m3
Peso hormigón	27.986	t
Cuantía acero (2 por mil)	0.024	m3
peso acero mínimo	**0.191**	**t**
Peso total estimado ancla	28.177	t

NOTA: el anclaje NO debe cubrir uniones soldadas para op. De mantenimiento

AREA MINIMA CONTACTO LATERAL MACIZO-TERRENO

Amin	1.272322249	m2
Areal	4.68	m2
CUMPLE		



COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Seguridad al deslizamiento	**1.608**	**>**	**1.5**	**CUMPLE**
Seguridad al vuelco	**2.348**	**>**	**1.8**	**CUMPLE**
Seguridad al hundimiento	**5.441**	**<**	**10**	**CUMPLE**

9.2.13. Codo vertical hasta 25º para tubería PVC-O DN250 PN25 (Tramo eje 1):

Cálculos realizados según normas de Canal de Isabel II y Manual CEDEX

CODO VERTICAL

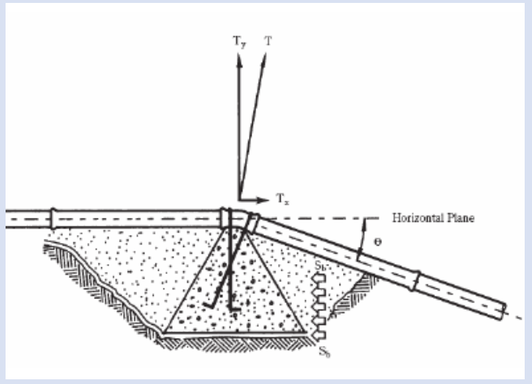
DATOS INICIALES

Anclaje		**Terreno**		**Tubería**		**EMPUJE ACTIVO**		
							º	rad
Material	Hormigón	Material	Arcilla semi-dura	Material	PVC-O	inclincación terreno i	0	0
Densidad	2300 kg/m3	Densidad	2000 kg/m3	Diametro	230,6 mm	inclinación paramento β	90	1,5708
Densidad	2,3 t/m3	Densidad	2 t/m3	Diametro	0,2306 m	ang. Rozamiento muro-terr δ	0	0
Armadura?	SI	Angulo roz. Int.	30 º	Sección	0,041764615 m2	ang. Rozamiento interno terr (	30	0,5236
Material	Acero B500S	Angulo roz. Int.	0,5236 rad	Presión tubería	20 bar			
Densidad	7850 kg/m3	Altura terr.sup.	2 m	Presión tubería	2 N/mm2			
Densidad	7,85 t/m3	Coef. Roz. Terreno-anclaje	0,33			cosec β		1
		Resistencia terreno	10 t/m2			sen (β-ϕ)		0,8660
		Pres. admisible terreno	20 t/m2			(sen(β+δ))^0,5		1
						(sen(δ+ϕ)*sen(ϕ-i)/sen(β-i))^0,5		0,5
						K(A)		0,3333

ELEMENTO	**Codo**
Ángulo (si codo)	25 º
Ángulo (si codo)	0,4363323 rad

PREDIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE EMPUJES

EMPUJES		**PREDIMENSIONAMIENTO**	
Empuje hidróstático	**3,616 t**	h	1 m
		L	1,2 m
Peso del macizo	3,335 t	R	1,2 m
Peso del terreno sobre mac.	5,760 t	V	1,440 m3
tanϕ	0,577	Peso hormigón	3,312 t
Froz	**5,251 t**	Cuantía acero (2 por mil)	0,003 m3
		peso acero mínimo	**0,023 t**
Fter	**2,000 t**	Peso total estimado ancla	3,335 t
N(0)	9,095 t	*NOTA: el anclaje NO debe cubrir uniones soldadas para op. De mantenimiento*	
M(0)	2,496 t*m		
e	0,274 m	**AREA MINIMA CONTACTO LATERAL MACIZO-TERRENO**	
L1	0,651	Amin	0,180790345 m2
L2	1,200	Areal	1,7 m2
presiones sobre el terreno	**9,255** t/m2	**CUMPLE**	



COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Seguridad al deslizamiento	**2,005**	**>**	**1,5**	**CUMPLE**
Seguridad al vuelco	**2,792**	**>**	**1,8**	**CUMPLE**
Seguridad al hundimiento	**9,255**	**<**	**10**	**CUMPLE**

9.2.14. Codo vertical hasta 25º para tubería PVC-O DN400 PN16 (Tramo eje 2):

Cálculos realizados según normas de Canal de Isabel II y Manual CEDEX

CODO VERTICAL

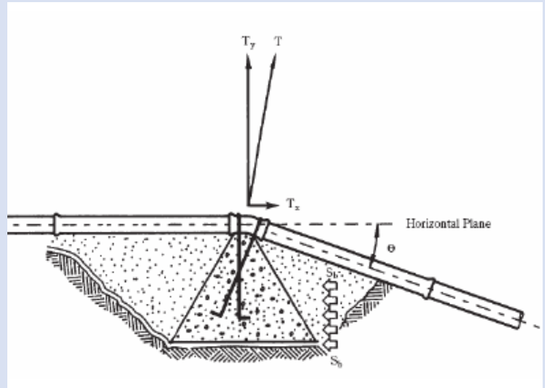
DATOS INICIALES

Anclaje		**Terreno**		**Tubería**		**EMPUJE ACTIVO**		
							º	rad
Material	Hormigón	Material	Arcilla semi-dura	Material	PVC-O	inclincación terreno i	0	0
Densidad	2300 kg/m3	Densidad	2000 kg/m3	Diametro	378.4 mm	inclinación paramento β	90	1.5708
Densidad	2.3 t/m3	Densidad	2 t/m3	Diametro	0.3784 m	ang. Rozamiento muro-terr δ	0	0
Armadura?	SI	Angulo roz. Int.	30 º	Sección	0.112458461 m2	ang. Rozamiento interno terr ϕ	30	0.5236
Material	Acero B500S	Angulo roz. Int.	0.5236 rad	Presión tubería	16 bar			
Densidad	7850 kg/m3	Altura terr.sup.	2 m	Presión tubería	1.6 N/mm2	cosec β		1
Densidad	7.85 t/m3	Coef. Roz. Terreno-anclaje	0.33			sen (β-ϕ)		0.8660
		Resistencia terreno	10 t/m2			(sen(β+δ))^0,5		1
		Pres. admisible terreno	20 t/m2			(sen(δ+ϕ)*sen(ϕ-i)/sen(β-i))^0,5		0.5
						K(A)		0.3333

ELEMENTO	**Codo**
Ángulo (si codo)	25 º
Ángulo (si codo)	0.4363323 rad

PREDIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE EMPUJES

EMPUJES		**PREDIMENSIONAMIENTO**	
Empuje hidróstático	**7.789 t**	h	1.2 m
		L	2 m
Peso del macizo	7.781 t	R	1.4 m
Peso del terreno sobre mac.	11.200 t	V	3.360 m3
tanϕ	0.577	Peso hormigón	7.728 t
Froz	**10.959 t**	Cuantía acero (2 por mil)	0.007 m3
		peso acero mínimo	**0.053 t**
Fter	**4.160 t**	Peso total estimado ancla	7.781 t
N(0)	18.981 t	*NOTA: el anclaje NO debe cubrir uniones soldadas para op. De mantenimiento*	
M(0)	6.121 t*m		
e	0.322 m	**AREA MINIMA CONTACTO LATERAL MACIZO-TERRENO**	
L1	1.355	Amin	0.389447455 m2
L2	2.000	Areal	1.7 m2
presiones sobre el terreno	**8.393** t/m2	**CUMPLE**	



COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Seguridad al deslizamiento	**1.941**	**>**	**1.5**	**CUMPLE**
Seguridad al vuelco	**2.704**	**>**	**1.8**	**CUMPLE**
Seguridad al hundimiento	**8.393**	**<**	**10**	**CUMPLE**

APÉNDICE 1: CÁLCULO MECÁNICO DE LAS CONDUCCIONES: TRAMO EJE 1

PROGRAMA DE CÁLCULO MECÁNICO

Molecor TOM ® v.1.2. 2020 Mayo

Informe de resultados de cálculo mecánico

Información general sobre el informe extendido	
Número de informe	2022_02_05_4019
Fecha de última modificación	5 de Febrero de 2022 a las 19:16
Nombre del proyecto	Alex Alvarez Castellnou
A la atención de D./Dña.	Alex Castellnou
Dirección	C. Arco 9 bajo
Ciudad / localidad / municipio	Huércal-Overa
Provincia / región / estado	Almería
País	España
Promotora	None
Ingeniería	Finwe Ingenieros, S.L.
Constructora	
Dirección de obra	None

PROGRAMA DE CÁLCULO MECÁNICO

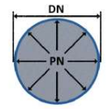
Este programa de cálculo mecánico para tuberías plásticas enterradas de PVC Orientado (PVC-O) TOM®, está basado en las normas de referencia:

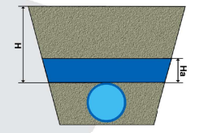
ATV-DVWK-A 127E:2000 “Cálculo estático de Drenajes y Saneamientos”

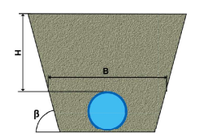
UNE 53331: 2020 "Tuberías de Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), Poli(cloruro de vinilo) orientado (PVC-O), Polietileno (PE) y Polipropileno (PP). Criterio para la comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con y sin presión sometidos a cargas externas"

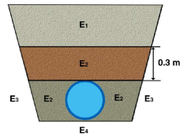
Resultados del cálculo
Clase de seguridad B (caso especial) - material PVC-O > 2
INSTALACIÓN VÁLIDA

Características del tubo y de la instalación		
Tipo de conducción	Agua a presión Especificaciones de tubería según: norma europea UNE-EN 17176 - norma internacional ISO 16422 - norma francesa NF T54-948 - norma sudafricana SANS 16422	
Aplicación	Abastecimiento y distribución	
Nombre de la instalación	Impulsión Terciario H-O - Tramo 1 (DN250 PN20)	
Tipo de instalación	Instalación de un tubo TOM® en zanja	

Tubería				
	Nome.	**Unidades**	**Tubo 1**	
Código del producto	-	-	TOM25025B	
Material del tubo	-	-	PVC-O Clase 500	
			C 1.4	
Presión nominal	PN	bar	25	
Diámetro nominal	DN	mm	250	
Módulo de elasticidad en flexión transversal. Largo plazo.	$E_{t(lp)}$	N/mm^2	2800,0	
Módulo de elasticidad en flexión transversal. Corto plazo.	$E_{t(cp)}$	N/mm^2	4000,0	
Peso específico	γ_t	kN/m^3	14,0	
Esfuerzo tangencial de diseño del tubo a flexión-tracción. Largo plazo.	$\sigma_{t(lp)}$	N/mm^2	70,0	
Esfuerzo tangencial de diseño del tubo a flexión-tracción. Corto plazo.	$\sigma_{t(cp)}$	N/mm^2	100,0	

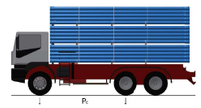
Presiones				
	Nome.	**Unidades**	**Tubo 1**	
Presión interna de trabajo	P_i	bar	25,0	
Presión externa debido al agua	P_e	bar	0,0	
Nivel freático	H_a	m	0,0	

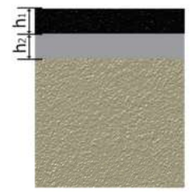
Geometría de la zanja				
	Nome.	**Unidades**	**Tubo 1**	
Altura de zanja	H	m	2,5	
Anchura de la zanja	B	m	1,5	
Ángulo de inclinación de las paredes de la zanja	β	°	60,0	

Apoyo y material de relleno				
	Nome.	**Unidades**	**Tubo 1**	
Tipo de apoyo	-	-	A	 Apoyo Tipo A
Ángulo de apoyo	2α	°	60	
Módulo de compresión de E_1	E_1	N/mm²	13,0	
Porcentaje proctor E_1		%	100,0	
Grupo de suelo E_1		-	G3	
Módulo de compresión de E_2	E_2	N/mm²	23,0	
Porcentaje proctor E_2		%	97,0	
Grupo de suelo E_2		-	G1	
Módulo de compresión de E_3	E_3	N/mm²	11,0	
Porcentaje proctor E_3		%	97,0	
Grupo de suelo E_3		-	G2	
Módulo de compresión de E_4	E_4	N/mm²	11,0	
Porcentaje proctor E_4		%	97,0	
Grupo de suelo E_4		-	G2	
Peso específico del relleno en zanja	-	kN/m³	20,0	
Peso específico del relleno en terraplén	-	kN/m³	-	

Tipo de relleno		
		Tubo 1
Tipo de relleno		Relleno por capas compactadas contra el suelo natural (sin verificación del grado de compactación), aplicable también para paredes soportadas por tablones (construcción Berlinesa).

Sobrecargas debido al trafico				
	Nome.	**Unidades**	**Tubo 1**	

Símbolo del vehículo	-	t	-	
Número de ejes	-	-	-	
Distancia entre ruedas a	a	m	-	
Distancia entre ejes b	b	m	-	
Sobrecargas concentradas P_c	P_c	kN	-	
Sobrecargas distribuidas P_d	P_d	kN	-	
Coeficiente C_d	C_d	-	-	
Coeficiente de impacto Phi	Phi	-	1,0	

Pavimento				
	Nome.	**Unidades**	**Tubo 1**	
Altura de la primera capa del firme	h1	m	0,06	
Altura de la segunda capa del firme	h2	m	0,25	
Módulo de compresión de la primera capa	E_{f1}	N/mm^2	10000,0	
Módulo de compresión de la segunda capa	E_{f2}	N/mm^2	250,0	

Determinación de las acciones sobre el tubo. Corto plazo.			
	Nome.	**Unidades**	**Tubo 1**
Presión vertical debida al suelo			
Presión vertical debida al suelo	q_v	kN/m^2	34,98
Presión vertical debida a las sobrecargas concentradas	P_{vc}		0,00
Presión vertical debida a las cargas distribuidas	P_{vr}		0,00
Presión vertical total sobre el tubo	q_{vt}		34,98
Presión lateral debida a la tierra			
Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo	q_{ht}	kN/m^2	22,78
Deformación relativa (La deformación no puede ser superior al 5%)			
Deformación relativa	δ_v	%	0,200
Momentos flectores longitudinales			
Momento flector longitudinal debido a la presión vertical en el tubo			
En la clave	M_{qvt}	kN·m/m	0,143515
En los riñones			-0,147027
En la base			0,189179
Momento flector longitudinal debido a la presión lateral del relleno en el tubo			
En la clave	M_{qh}	kN·m/m	-0,060613
En los riñones			0,060613
En la base			-0,060613
Momento flector longitudinal debido a la reacción horizontal sobre el tubo			

En la clave	M_{qht}	kN·m/m	-0,059153
En los riñones			0,067977
En la base			-0,059153
Momento flector longitudinal debido al peso del tubo			
En la clave	M_t	kN·m/m	0,000965
En los riñones			-0,001112
En la base			0,001766
Momento flector longitudinal debido al peso del agua			
En la clave	M_a	kN·m/m	0,003934
En los riñones			-0,004535
En la base			0,007215
Momento flector longitudinal debido a la presión del agua			
En la clave	M_{pa}	kN·m/m	0,022803
En los riñones			0,022803
En la base			0,022803
Momento longitudinal total			
En la clave	M	kN·m/m	0,051450
En los riñones			-0,001282
En la base			0,101196
Fuerzas normales (axil circunferencial)			
Fuerza normal debida a la presión sobre el tubo			
En la clave	N_{qvt}	kN/m	0,3352
En los riñones			-4,1899
En la base			-0,3352
Fuerza normal debida a la presión lateral del relleno sobre el tubo			
En la clave	N_{qh}	kN/m	-2,0244
En los riñones			0,0000
En la base			-2,0244
Fuerza normal debida a la reacción horizontal total en el tubo			
En la clave	N_{qht}	kN/m	-1,5745
En los riñones			0,0000
En la base			-1,5745
Fuerza normal debida al peso del tubo			
En la clave	N_t	kN/m	0,0073
En los riñones			-0,0276
En la base			-0,0073
Fuerza normal debida al peso del agua			

En la clave	N_a	kN/m	0,1016
En los riñones			0,0308
En la base			0,1853
Fuerza normal debida a la presión del agua			
En la clave	N_{pa}	kN/m	286,3248
En los riñones			286,3248
En la base			286,3248
Fuerza normal total			
En la clave	N	kN/m	283,1700
En los riñones			282,1382
En la base			282,5687
Tensiones circunferenciales máximas			
σ en clave	σ	N/mm^2	29,94
σ en riñones			27,02
σ en base			32,69
Coeficientes de seguridad a rotura			
Verificación de esfuerzos tangenciales en la clave	v	-	3,34
Verificación de esfuerzos tangenciales en riñones			3,70
Verificación de esfuerzos tangenciales en la base			3,06
Coeficientes de seguridad al aplastamiento			
η debido a la acción de la tierra y el agua	η_3	-	95,95

Determinación de las acciones sobre el tubo. Largo plazo.			
	Nome.	**Unidades**	**Tubo 1**
Presión vertical debida al suelo			
Presión vertical debida al suelo	q_v	kN/m^2	33,92
Presión vertical debida a las sobrecargas concentradas	P_{vc}		0,00
Presión vertical debida a las cargas distribuidas	P_{vr}		0,00
Presión vertical total sobre el tubo	q_{vt}		33,92
Presión lateral debida a la tierra			

Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo	q_{ht}	kN/m^2	22,56
Deformación relativa (La deformación no puede ser superior al 5%)			
Deformación relativa	δ_v	%	0,213
Momentos flectores longitudinales			
Momento flector longitudinal debido a la presión vertical en el tubo			
En la clave	M_{qvt}	kN·m/m	0,139138
En los riñones			-0,142544
En la base			0,183409
Momento flector longitudinal debido a la presión lateral del relleno en el tubo			
En la clave	M_{qh}	kN·m/m	-0,061123
En los riñones			0,061123
En la base			-0,061123
Momento flector longitudinal debido a la reacción horizontal sobre el tubo			
En la clave	M_{qht}	kN·m/m	-0,058568
En los riñones			0,067305
En la base			-0,058568
Momento flector longitudinal debido al peso del tubo			
En la clave	M_t	kN·m/m	0,000965
En los riñones			-0,001112
En la base			0,001766
Momento flector longitudinal debido al peso del agua			
En la clave	M_a	kN·m/m	0,003934
En los riñones			-0,004535
En la base			0,007215
Momento flector longitudinal debido a la presión del agua			
En la clave	M_{pa}	kN·m/m	0,022803
En los riñones			0,022803
En la base			0,022803
Momento longitudinal total			
En la clave	M	kN·m/m	0,047148
En los riñones			0,003040
En la base			0,095502
Fuerzas normales (axil circunferencial)			
Fuerza normal debida a la presión sobre el tubo			

En la clave	N_{qvt}	kN/m	0,3250
En los riñones			-4,0621
En la base			-0,3250
Fuerza normal debida a la presión lateral del relleno sobre el tubo			
En la clave	N_{qh}	kN/m	-2,0414
En los riñones			0,0000
En la base			-2,0414
Fuerza normal debida a la reacción horizontal total en el tubo			
En la clave	N_{qht}	kN/m	-1,5589
En los riñones			0,0000
En la base			-1,5589
Fuerza normal debida al peso del tubo			
En la clave	N_t	kN/m	0,0073
En los riñones			-0,0276
En la base			-0,0073
Fuerza normal debida al peso del agua			
En la clave	N_a	kN/m	0,1016
En los riñones			0,0308
En la base			0,1853
Fuerza normal debida a la presión del agua			
En la clave	N_{pa}	kN/m	286,3248
En los riñones			286,3248
En la base			286,3248
Fuerza normal total			
En la clave	N	kN/m	283,1583
En los riñones			282,2660
En la base			282,5775
Tensiones circunferenciales máximas			
σ en clave	σ	N/mm^2	29,70
σ en riñones			27,13
σ en base			32,37
Coeficientes de seguridad a rotura			
Verificación de esfuerzos tangenciales en la clave	v	-	2,36
Verificación de esfuerzos tangenciales en riñones			2,58
Verificación de esfuerzos tangenciales en la base			2,16

Coeficientes de seguridad al aplastamiento			
η debido a la acción de la tierra y el agua	η_3	-	82,25

ADVERTENCIA IMPORTANTE: LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Molecor pone a disposición el Programa como una herramienta para facilitar su trabajo a los profesionales pero no asume ninguna responsabilidad como asesor o prestador de servicios. Los resultados del cálculo obtenidos deben considerarse orientativos y tienen una finalidad meramente informativa. El diseño de un proyecto y la ejecución de la obra son responsabilidad del proyectista del constructor respectivamente. El proyectista usuario del Programa será exclusivamente responsable de la decisión de utilizar el Programa como herramienta auxiliar en la prestación de sus servicios profesionales y del correcto calculo de los elementos proyectados, teniendo en último término la responsabilidad de los cálculos realizados en el diseño de la instalación. En particular, será entera y exclusivamente responsable de la corrección de los datos introducidos par el cálculo y sus correspondientes resultados. Aunque **Molecor** ha hecho todos los esfuerzos para que el Programa responda a sus finalidades y funcione de forma regular de acuerdo con sus especificaciones, en el estado de la técnica, no puede garantizar su funcionamiento continuo ni la total ausencia de posibles fallos o incidencias en el funcionamiento del Programa, en particular, por interacción con otros elementos (ordenadores, servidores, comunicaciones electrónicas, etc.) y con el propio usuario. En consecuencia, **Molecor** NO RESPONDERA DE NINGUN DAÑO DIRECTO O INDIRECTO, PREVISIBLE O IMPREVISTO DERIVADO DEL USO DEL PROGRAMA SALVO EN CASO QUE SE DEMUESTRE SU DOLO O NEGLIGENCIA GRAVE EN EL DISEÑO U OPERACIÓN DEL SOFTWARE. En particular, **Molecor** NO SE RESPONSABILIZA:

1. de los posibles resultados erróneos causados por errores, omisiones y/o inexactitudes en los datos introducidos por el usuario.

2. de la mala utilización no conforme con las especificaciones del Programa.

3. del uso que se haga de la información proporcionada por el Programa y no realización de razonables comprobaciones para verificar la corrección de la misma.

APÉNDICE 2: CÁLCULO MECÁNICO DE LAS CONDUCCIONES: TRAMO EJE 2

PROGRAMA DE CÁLCULO MECÁNICO

Molecor TOM ® v.1.2. 2021 Mayo

Informe de resultados de cálculo mecánico

Información general sobre el informe extendido	
Número de informe	2022_02_05_4020
Fecha de última modificación	5 de Febrero de 2022 a las 19:16
Nombre del proyecto	Alex Alvarez Castellnou
A la atención de D./Dña.	Alex Castellnou
Dirección	C. Arco 9 bajo
Ciudad / localidad / municipio	Huércal-Overa
Provincia / región / estado	Almería
País	España
Promotora	None
Ingeniería	Finwe Ingenieros, S.L.
Constructora	
Dirección de obra	None

PROGRAMA DE CÁLCULO MECÁNICO

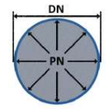
Este programa de cálculo mecánico para tuberías plásticas enterradas de PVC Orientado (PVC-O) TOM®, está basado en las normas de referencia:

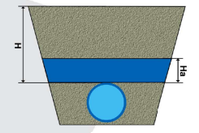
ATV-DVWK-A 127E:2000 “Cálculo estático de Drenajes y Saneamientos”

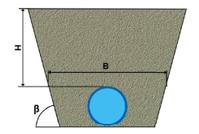
UNE 53331:2021 "Tuberías de Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), Poli(cloruro de vinilo) orientado (PVC-O), Polietileno (PE) y Polipropileno (PP). Criterio para la comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con y sin presión sometidos a cargas externas"

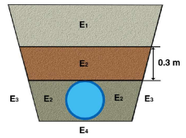
Resultados del cálculo
Clase de seguridad A (caso general) - material PVC-O > 2.5
INSTALACIÓN VÁLIDA

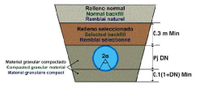
Características del tubo y de la instalación		
Tipo de conducción	Agua a presión Especificaciones de tubería según: norma europea UNE-EN 17176 - norma internacional ISO 16422 - norma francesa NF T54-948 - norma sudafricana SANS 16422	
Aplicación	Abastecimiento y distribución	
Nombre de la instalación	Impulsión Terciario H-O - Tramo 2 (DN400 PN12.5)	
Tipo de instalación	Instalación de un tubo TOM® en zanja	

Tubería				
	Nome.	**Unidades**	**Tubo 1**	
Código del producto	-	-	TOM40016B	
Material del tubo	-	-	PVC-O Clase 500	
			C 1.4	
Presión nominal	PN	bar	16	
Diámetro nominal	DN	mm	400	
Módulo de elasticidad en flexión transversal. Largo plazo.	$E_{t(lp)}$	N/mm^2	2800,0	
Módulo de elasticidad en flexión transversal. Corto plazo.	$E_{t(cp)}$	N/mm^2	4000,0	
Peso específico	γ_t	kN/m^3	14,0	
Esfuerzo tangencial de diseño del tubo a flexión-tracción. Largo plazo.	$\sigma_{t(lp)}$	N/mm^2	70,0	
Esfuerzo tangencial de diseño del tubo a flexión-tracción. Corto plazo.	$\sigma_{t(cp)}$	N/mm^2	100,0	

Presiones				
	Nome.	**Unidades**	**Tubo 1**	
Presión interna de trabajo	P_i	bar	10,0	
Presión externa debido al agua	P_e	bar	0,0	
Nivel freático	H_a	m	0,0	

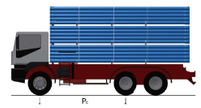
Geometría de la zanja				
	Nome.	**Unidades**	**Tubo 1**	
Altura de zanja	H	m	1,5	
Anchura de la zanja	B	m	1,2	
Ángulo de inclinación de las paredes de la zanja	β	°	75,0	

Apoyo y material de relleno				
	Nome.	**Unidades**	**Tubo 1**	
Tipo de apoyo	-	-	A	 Apoyo Tipo A
Ángulo de apoyo	2α	°	60	
Módulo de compresión de E_1	E_1	N/mm^2	11,0	
Porcentaje proctor E_1		%	97,0	
Grupo de suelo E_1		-	G2	
Módulo de compresión de E_2	E_2	N/mm^2	23,0	
Porcentaje proctor E_2		%	97,0	
Grupo de suelo E_2		-	G1	
Módulo de compresión de E_3	E_3	N/mm^2	8,0	
Porcentaje proctor E_3		%	95,0	
Grupo de suelo E_3		-	G2	
Módulo de compresión de E_4	E_4	N/mm^2	8,0	
Porcentaje proctor E_4		%	95,0	
Grupo de suelo E_4		-	G2	
Peso específico del relleno en zanja	-	kN/m^3	19,0	
Peso específico del relleno en terraplén	-	kN/m^3	-	



Tipo de relleno	
	Tubo 1
Tipo de relleno	Relleno de la zanja por capas compactadas contra el suelo natural, con verificación del grado de compactación exigido por la Norma UNE-CEN/TR 1046; también para paredes de tablones de soporte (construcción Berlinesa). La condición de relleno A4 no es aplicable a suelos del grupo G4.

Sobrecargas debido al trafico				
	Nome.	**Unidades**	**Tubo 1**	

Símbolo del vehículo	-	t	-	
Número de ejes	-	-	-	
Distancia entre ruedas a	a	m	-	
Distancia entre ejes b	b	m	-	
Sobrecargas concentradas P_c	P_c	kN	-	
Sobrecargas distribuidas P_d	P_d	kN	-	
Coeficiente C_d	C_d	-	-	
Coeficiente de impacto Phi	Phi	-	-	

Pavimento				
	Nome.	**Unidades**	**Tubo 1**	
Altura de la primera capa del firme	h1	m	-	
Altura de la segunda capa del firme	h2	m	-	
Módulo de compresión de la primera capa	E_{f1}	N/mm^2	-	
Módulo de compresión de la segunda capa	E_{f2}	N/mm^2	-	

Determinación de las acciones sobre el tubo. Corto plazo.			
	Nome.	**Unidades**	**Tubo 1**
Presión vertical debida al suelo			
Presión vertical debida al suelo	q_v	kN/m^2	17,15
Presión vertical debida a las sobrecargas concentradas	P_{vc}		0,00
Presión vertical debida a las cargas distribuidas	P_{vr}		0,00
Presión vertical total sobre el tubo	q_{vt}		17,15
Presión lateral debida a la tierra			
Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo	q_{ht}	kN/m^2	14,07
Deformación relativa (La deformación no puede ser superior al 5%)			
Deformación relativa	δ_v	%	0,250
Momentos flectores longitudinales			
Momento flector longitudinal debido a la presión vertical en el tubo			
En la clave	M_{qvt}	kN·m/m	0,185586
En los riñones			-0,190128
En la base			0,244636
Momento flector longitudinal debido a la presión lateral del relleno en el tubo			
En la clave	M_{qh}	kN·m/m	-0,067890
En los riñones			0,067890
En la base			-0,067890
Momento flector longitudinal debido a la reacción horizontal sobre el tubo			

En la clave	M_{qht}	kN·m/m	-0,096323
En los riñones			0,110691
En la base			-0,096323
Momento flector longitudinal debido al peso del tubo			
En la clave	M_t	kN·m/m	0,002669
En los riñones			-0,003077
En la base			0,004885
Momento flector longitudinal debido al peso del agua			
En la clave	M_a	kN·m/m	0,016852
En los riñones			-0,019428
En la base			0,030908
Momento flector longitudinal debido a la presión del agua			
En la clave	M_{pa}	kN·m/m	0,010040
En los riñones			0,010040
En la base			0,010040
Momento longitudinal total			
En la clave	M	kN·m/m	0,050935
En los riñones			-0,024011
En la base			0,126257
Fuerzas normales (axil circunferencial)			
Fuerza normal debida a la presión sobre el tubo			
En la clave	N_{qvt}	kN/m	0,2669
En los riñones			-3,3361
En la base			-0,2669
Fuerza normal debida a la presión lateral del relleno sobre el tubo			
En la clave	N_{qh}	kN/m	-1,3961
En los riñones			0,0000
En la base			-1,3961
Fuerza normal debida a la reacción horizontal total en el tubo			
En la clave	N_{qht}	kN/m	-1,5786
En los riñones			0,0000
En la base			-1,5786
Fuerza normal debida al peso del tubo			
En la clave	N_t	kN/m	0,0125
En los riñones			-0,0470
En la base			-0,0125
Fuerza normal debida al peso del agua			

En la clave	N_a	kN/m	0,2679
En los riñones			0,0813
En la base			0,4888
Fuerza normal debida a la presión del agua			
En la clave	N_{pa}	kN/m	189,0196
En los riñones			189,0196
En la base			189,0196
Fuerza normal total			
En la clave	N	kN/m	186,5920
En los riñones			185,7179
En la base			186,2543
Tensiones circunferenciales máximas			
σ en clave	σ	N/mm^2	19,58
σ en riñones			18,13
σ en base			23,36
Coeficientes de seguridad a rotura			
Verificación de esfuerzos tangenciales en la clave	v	-	5,11
Verificación de esfuerzos tangenciales en riñones			5,52
Verificación de esfuerzos tangenciales en la base			4,28
Coeficientes de seguridad al aplastamiento			
η debido a la acción de la tierra y el agua	η_3	-	67,59

Determinación de las acciones sobre el tubo. Largo plazo.			
	Nome.	**Unidades**	**Tubo 1**
Presión vertical debida al suelo			
Presión vertical debida al suelo	q_v	kN/m^2	16,70
Presión vertical debida a las sobrecargas concentradas	P_{vc}		0,00
Presión vertical debida a las cargas distribuidas	P_{vr}		0,00
Presión vertical total sobre el tubo	q_{vt}		16,70
Presión lateral debida a la tierra			

Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo	q_{ht}	kN/m^2	13,73
Deformación relativa (La deformación no puede ser superior al 5%)			
Deformación relativa	δ_v	%	0,279
Momentos flectores longitudinales			
Momento flector longitudinal debido a la presión vertical en el tubo			
En la clave	M_{qvt}	kN·m/m	0,180738
En los riñones			-0,185162
En la base			0,238246
Momento flector longitudinal debido a la presión lateral del relleno en el tubo			
En la clave	M_{qh}	kN·m/m	-0,068526
En los riñones			0,068526
En la base			-0,068526
Momento flector longitudinal debido a la reacción horizontal sobre el tubo			
En la clave	M_{qht}	kN·m/m	-0,094042
En los riñones			0,108070
En la base			-0,094042
Momento flector longitudinal debido al peso del tubo			
En la clave	M_t	kN·m/m	0,002669
En los riñones			-0,003077
En la base			0,004885
Momento flector longitudinal debido al peso del agua			
En la clave	M_a	kN·m/m	0,016852
En los riñones			-0,019428
En la base			0,030908
Momento flector longitudinal debido a la presión del agua			
En la clave	M_{pa}	kN·m/m	0,010040
En los riñones			0,010040
En la base			0,010040
Momento longitudinal total			
En la clave	M	kN·m/m	0,047732
En los riñones			-0,021030
En la base			0,121512
Fuerzas normales (axil circunferencial)			
Fuerza normal debida a la presión sobre el tubo			

En la clave	N_{qvt}	kN/m	0,2599
En los riñones			-3,2489
En la base			-0,2599
Fuerza normal debida a la presión lateral del relleno sobre el tubo			
En la clave	N_{qh}	kN/m	-1,4092
En los riñones			0,0000
En la base			-1,4092
Fuerza normal debida a la reacción horizontal total en el tubo			
En la clave	N_{qht}	kN/m	-1,5413
En los riñones			0,0000
En la base			-1,5413
Fuerza normal debida al peso del tubo			
En la clave	N_t	kN/m	0,0125
En los riñones			-0,0470
En la base			-0,0125
Fuerza normal debida al peso del agua			
En la clave	N_a	kN/m	0,2679
En los riñones			0,0813
En la base			0,4888
Fuerza normal debida a la presión del agua			
En la clave	N_{pa}	kN/m	189,0196
En los riñones			189,0196
En la base			189,0196
Fuerza normal total			
En la clave	N	kN/m	186,6094
En los riñones			185,8050
En la base			186,2856
Tensiones circunferenciales máximas			
σ en clave	σ	N/mm^2	19,42
σ en riñones			17,99
σ en base			23,13
Coeficientes de seguridad a rotura			
Verificación de esfuerzos tangenciales en la clave	v	-	3,61
Verificación de esfuerzos tangenciales en riñones			3,89
Verificación de esfuerzos tangenciales en la base			3,03

Coeficientes de seguridad al aplastamiento			
η debido a la acción de la tierra y el agua	η_3	-	56,84

ADVERTENCIA IMPORTANTE: LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Molecor pone a disposición el Programa como una herramienta para facilitar su trabajo a los profesionales pero no asume ninguna responsabilidad como asesor o prestador de servicios. Los resultados del cálculo obtenidos deben considerarse orientativos y tienen una finalidad meramente informativa. El diseño de un proyecto y la ejecución de la obra son responsabilidad del proyectista del constructor respectivamente. El proyectista usuario del Programa será exclusivamente responsable de la decisión de utilizar el Programa como herramienta auxiliar en la prestación de sus servicios profesionales y del correcto calculo de los elementos proyectados, teniendo en último término la responsabilidad de los cálculos realizados en el diseño de la instalación. En particular, será entera y exclusivamente responsable de la corrección de los datos introducidos par el cálculo y sus correspondientes resultados. Aunque **Molecor** ha hecho todos los esfuerzos para que el Programa responda a sus finalidades y funcione de forma regular de acuerdo con sus especificaciones, en el estado de la técnica, no puede garantizar su funcionamiento continuo ni la total ausencia de posibles fallos o incidencias en el funcionamiento del Programa, en particular, por interacción con otros elementos (ordenadores, servidores, comunicaciones electrónicas, etc.) y con el propio usuario. En consecuencia, **Molecor** NO RESPONDERA DE NINGUN DAÑO DIRECTO O INDIRECTO, PREVISIBLE O IMPREVISTO DERIVADO DEL USO DEL PROGRAMA SALVO EN CASO QUE SE DEMUESTRE SU DOLO O NEGLIGENCIA GRAVE EN EL DISEÑO U OPERACIÓN DEL SOFTWARE. En particular, **Molecor** NO SE RESPONSABILIZA:

1. de los posibles resultados erróneos causados por errores, omisiones y/o inexactitudes en los datos introducidos por el usuario.

2. de la mala utilización no conforme con las especificaciones del Programa.

3. del uso que se haga de la información proporcionada por el Programa y no realización de razonables comprobaciones para verificar la corrección de la misma.