



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Estudio experimental del
coeficiente de fricción en
accesorios para un fluido no
newtoniano**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A

Armas Arteaga José Luis Humberto

DIRECTOR(A) DE TESIS

Dr. Sánchez Huerta José Melesio



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., Ingresada 2017

AGRADECIMIENTOS

Dedico esta tesis a mis padres Armas Galicia José Luis Humberto y Ma. Eugenia Arteaga Ávila que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para poder llegar a ser un profesional. A mis hermanos Armas Arteaga María Fernanda y Armas Arteaga Allan Eder y demás familia por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera Universitaria.

Me gustaría agradecer sinceramente a mi asesor de Tesis, Dr. José Melesio Sánchez Huerta, su esfuerzo y dedicación. Sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para mi formación como profesional. Él ha inculcado en mí un sentido de seriedad, responsabilidad y rigor académico sin los cuales no podría tener una formación completa como profesional. A su manera, ha sido capaz de ganarse mi lealtad y admiración, así como sentirme en deuda con él por todo lo recibido durante el periodo de tiempo que ha durado esta Tesis.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por darme la oportunidad del desarrollo académico y profesional a lo largo de estos años. De igual manera a la facultad de Ingeniería, que me brindo una carrera y a todos los maestros que me brindaron sus conocimientos y experiencia.

Quiero agradecer de misma forma al Ing. Camilo Alejandro Volteada Figueroa, por facilitarme el uso del variador de frecuencia marca Danfoss.

Un agradecimiento especial al Doctor Alejandro Reibich y al Ing. Gersain Barron Velazquez por haber facilitado la cámara rápida Phantom (AMETEK)



Estudio experimental del coeficiente de fricción en accesorios para un fluido no newtoniano

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	2
ÍNDICE.....	4
GLOSARIO.....	5
CAPITULO I.....	7
INTRODUCCIÓN	8
CAPITULO II.....	10
ANTECEDENTES.....	11
JUSTIFICACIÓN.....	27
CAPITULO III.....	29
DESARROLLO EXPERIMENTAL. MEDICIÓN DEL PERFIL DE VELOCIDAD	30
DISPOSITIVO EXPERIMENTAL. MEDICIÓN DEL PERFIL DE VELOCIDAD	31
METODOLOGÍA EXPERIMENTAL. MEDICIÓN DEL PERFIL DE VELOCIDAD	32
DISPOSITIVO EXPERIMENTAL. PÉRDIDA EN ACCESORIOS	37
PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PÉRDIDA EN ACCESORIOS.....	39
CAPITULO IV	40
RESULTADOS. MEDICIÓN DEL PERFIL DE VELOCIDAD	41
RESULTADOS PERDIDA EN ACCESORIOS.....	44
CAPITULO V	47
CONCLUSIÓN	48
APENDICES.....	49
APÉNDICE DE RESULTADOS EXPERIMENTALES Y TABLAS DE PROPIEDADES	50
APÉNDICE DE PLANOS.....	92
APÉNDICE A	112
BIBLIOGRAFÍA	113
REFERENCIAS	113
MESOGRAFÍA.....	113

GLOSARIO

τ	Es el esfuerzo cortante o tensión tangencial ejercida en el fluido ya sea en un punto o una superficie sólida en contacto con el fluido [Pa]
μ	Es la viscosidad dinámica del fluido [Pa*s]
$\frac{dv}{dx}$	Se le conoce como tasa de deformación [s^{-1}]
Re_D	Número de Reynolds
V	Velocidad del Fluido [m/s]
D	Diámetro de la tubería [m]
f	Factor de fricción
ϵ_r	Rugosidad Relativa
ϵ	Rugosidad del material [m]
f_k	Factor de fricción generado por el cambio de la energía cinética
Z	Número adimensional
L	Longitud del tubo [m]
r_0	Radio del tubo [m]
N_R	Número de Reynolds
f_v	Factor de fricción debido a la pérdida de carga viscosa
g	Aceleración de la gravedad [m/s^2]
h	Pérdida de carga [m]
U_m	Velocidad media [m/s^2]
X	Función del índice de comportamiento "n"

ρ	Densidad del material [kg/m^3]
n	Índice de comportamiento
k	Factor de correspondencia dimensional [Kg/ms^{2-n}]
i	Pendiente hidráulica [Pa/m]
ΔP_{roz}	Caída de presión por rozamiento [Pa]
GR_{eD}	Número de Reynolds Generalizado
X	Número de diámetros de tubo (Longitud de desarrollo)
λ	Coefficiente o factor de fricción

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El estudio de fluidos no newtonianos es de gran importancia en diversas aplicaciones industriales, como pueden ser flujos en tuberías, intercambiadores de calor, flujo en medios porosos, y convección en cavidades entre otros. En éste sentido el estudio de flujo no newtoniano en tuberías ha sido estudiado de manera exhaustiva en los últimos años. Los estudios en su mayoría teóricos relacionados con la pérdida de carga en tubería muestran diferencias importantes respecto a los resultados experimentales, en éste sentido uno de los aspectos importantes es la longitud de desarrollo hidrodinámico, dentro de la literatura especializada se pueden encontrar diversos estudios para diferentes tipos de fluidos no newtonianos. En particular los resultados relacionados con la longitud de desarrollo para fluidos cuyo comportamiento de la viscosidad sigue la ley de potencia, muestran que para un mismo valor del índice de comportamiento “ n ” se tienen hasta cuatro diferentes valores para el desarrollo hidrodinámico. Además, para los coeficientes de fricción para un tubo liso los resultados teóricos y experimentales muestran diferencias importantes. En este sentido resulta importante realizar trabajos experimentales que permitan obtener información adecuada para el cálculo de pérdidas tanto en tuberías como en accesorios.

En este trabajo se presenta el estudio del factor de fricción para válvulas de compuerta y de esfera además, se obtienen los perfiles de velocidades a distintas longitudes de entrada para determinar la longitud de desarrollo. Se emplea como fluido de trabajo un fluido dilatante preparado con una mezcla de Carboximetil de celulosa (CMC) y agua. Se emplean cuatro distintas concentraciones de CMC lo que permite obtener un rango del índice de comportamiento $1 \leq n \leq 0.56$. Los resultados obtenidos son para un rango de número de Reynolds Generalizado $273 \leq GRe_D \leq 19862$, lo que permite estudiar el comportamiento en los tres regímenes, laminar, transición y turbulento.

La presente tesis está integrada por cinco capítulos:

El capítulo I, Introducción; se da un panorama general del contenido de la tesis.

En el capítulo II, se presentan los trabajos más relevantes que se consultaron para la realización de éste trabajo.

En el capítulo III se presentan los criterios de diseño además, se muestran los esquemas y fotografías de los dispositivos experimentales.

En el capítulo IV, resultados; se muestran de manera gráfica los resultados tanto de los perfiles de velocidades a distintas longitudes de entrada como el factor de fricción para la válvula de esfera y compuerta en función del número de Reynolds Generalizado.

En el capítulo V, conclusiones; se expone la conclusión a la que se llega una vez comparados los resultados con los investigados.

Finalmente se presenta la bibliografía consultada y además se anexan apéndices con las tablas de cada experimento y planos de construcción de cada dispositivo experimental.

CAPITULO II

ANTECEDENTES

El campo de aplicación de los fluidos no newtonianos resulta muy amplio, pasando por el estudio del flujo sanguíneo hasta el movimiento de glaciares.

En relación al transporte de fluidos por ductos se presentan una gran variedad de aplicaciones, por mencionar algunos ejemplos: el transporte de fluidos como pinturas, alimentos, cosméticos, fluidos de enfriamiento, mezclas, polímeros, espumas, etc. En este tipo de industrias por lo general estos fluidos son tratados como fluido newtonianos por lo que las pérdidas de energía a lo largo de las instalaciones especialmente en accesorios, como válvulas no está bien determinadas. Además del transporte de fluidos, la manufactura de materiales compuestos ha sido un campo de aplicación novedoso en el que la matriz del polímero se comporta como un fluido no newtoniano, ya que la adhesión de fibras para reforzar la matriz le da propiedades no newtonianas al material.

Dentro del campo de los materiales, la determinación de espesores de revestimiento, producción de películas, recubrimiento de papel y textiles, barnizado por inmersión (carrocerías de coches) son temas que involucran el estudio de la mecánica de fluidos no newtonianos. Además, se puede incluir dentro de estos estudios el comportamiento de vidrio, cerámica, fabricación de resinas, tejas, alquitranes, el movimiento de hidrocarburos en tanques o cisternas.

En general se define a un fluido como aquella sustancia que se deforma continuamente cuando se le aplica un esfuerzo cortante. Debido a esto los fluidos se pueden clasificar de acuerdo a la relación entre el esfuerzo de corte aplicado y su relación de deformación. Los fluidos donde el esfuerzo cortante es directamente proporcional a la rapidez de deformación, Figura (1), se les conoce como fluidos newtonianos, es decir su comportamiento sigue la ley de viscosidad de Newton, ecuación 1.

$$\tau = \mu \frac{dv}{dx} \quad (1)$$

Donde:

τ Es el esfuerzo cortante o tensión tangencial ejercida en el fluido ya sea en un punto o una superficie sólida en contacto con el fluido [Pa]

μ Es la viscosidad del fluido [Pa*s]

$\frac{dv}{dx}$ Se le conoce como tasa de deformación [s^{-1}]

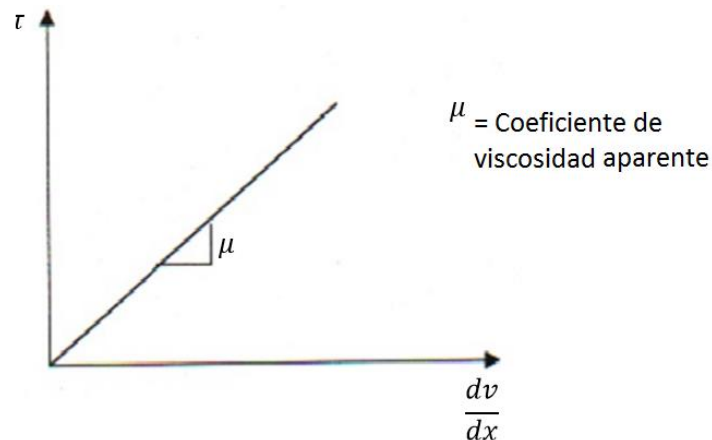


Figura 1 Diagrama reológico de un fluido newtoniano, donde dv/dx es la velocidad cortante o tasa de deformación y τ es el esfuerzo cortante.

Una de las propiedades más importantes para el estudio de fluidos es la viscosidad, la cual se puede definir como una manifestación del movimiento molecular dentro del fluido, cuando estas moléculas están ubicadas en regiones con alta velocidad y chocan con moléculas con menor velocidad o viceversa, se provoca un transporte de cantidad de movimiento de una región del fluido a otra. Además, para un fluido Newtoniano la viscosidad varía con la temperatura.

Por otra parte, existen muchos fluidos que no siguen la ley de viscosidad de Newton, a este tipo de fluidos se le conocen como fluidos no newtonianos. La principal característica de estos fluidos es la dependencia no lineal entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte; se clasifican como sigue:

Comportamiento Pseudoplástico

Característico de materiales de elevada viscosidad, disueltas o fundidas, cuya viscosidad disminuye rápidamente, cuando aumenta el esfuerzo. La función característica o reograma más típico es el de Ostwald o ley potencial, $\tau = k\dot{\gamma}^n$ donde k y n son constantes para un fluido particular, la constante k es una medida de la consistencia del fluido, $\dot{\gamma} = \frac{du}{dx}$ es la velocidad de deformación y τ es el esfuerzo cortante, dentro de esta clasificación se pueden mencionar, Polímeros en disolución, tinta de impresión, mermelada, etc. [8]

El modelo de ley de potencia de Ostwald-de-Waele puede modelar fluidos pseudoplásticos cuando el exponente, que caracteriza la ley, es mayor que uno. Algunos ejemplos de fluidos pseudoplásticos son: pinturas, gomas, sangre, suspensiones, etcétera. Esta ley modela los fluidos newtonianos cuando n es igual a uno, y cuando n es menor que uno, representa a fluidos dilatantes. Como ejemplos de estos fluidos, se pueden citar, entre otros, el azúcar, tierra húmeda, soluciones en bórax. [8]

Comportamiento Plástico

Son materiales esencialmente parecidos a los pseudoplásticos pero necesitan de una tensión mínima (o fluidez límite) para que exista deformación continua. El reograma de Bingham tiene una función característica $\frac{du}{dx} = \frac{1}{\eta}(\tau - f)$. Por ejemplo, pasta dentífrica, pomadas, grasas, chocolate, tinta de bolígrafo, entre otros. [8]

Comportamiento Tixotrópico

La viscosidad depende de la velocidad de deformación y del tiempo. Entre este tipos de fluidos se destacan, Pinturas (pequeñas rugosidades desaparecen con el tiempo), mayonesa, ketchup (tardan un tiempo en recuperar su forma), etc. [8]

Comportamiento Dilatante

El aumento sobre proporcional de la viscosidad con τ o, incluso para un esfuerzo cortante elevado, el valor casi infinito de la viscosidad es la característica de comportamiento de una sustancia dilatante. Un reograma típico el de Ostwald: $\frac{du}{dx} = k\tau^n$ $n < 1$. Por ejemplo Arena húmeda, almidón en agua, depósitos de pinturas al aceite, etc. [8]

Comportamiento Irreversible

Algunas sustancias tienen una variación de la viscosidad con el tiempo de esfuerzo de tipo Tixotrópico, pero la modificación de la viscosidad es irreversible y no hay regeneración estructural durante el tiempo de reposo. [8]

El comportamiento de estos grupos se puede ver de manera gráfica en la Figura (2) Donde se aprecia el comportamiento de algunos de ellos.

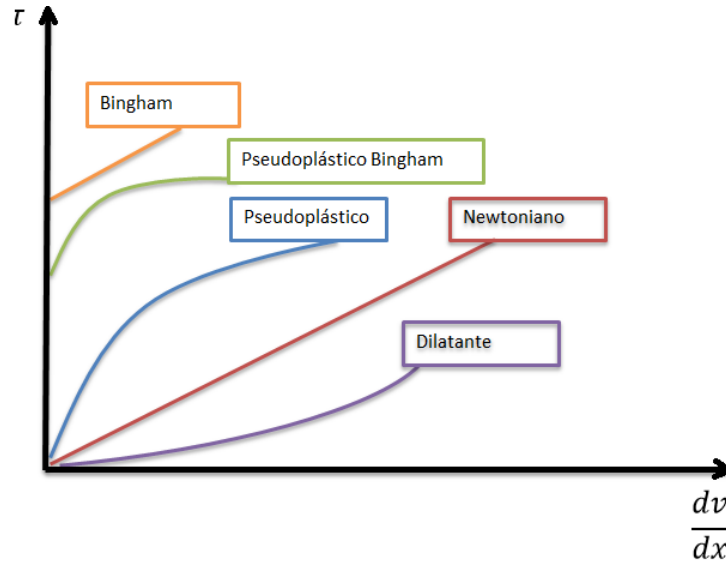


Figura 2 diagrama reológico, donde dv/dx es la velocidad cortante o tasa de deformación y τ es el esfuerzo cortante. [7]

En general el flujo de fluido en tuberías ha sido estudiado exhaustivamente en el último siglo, debido a su importancia en diversas aplicaciones industriales. En este sentido, existen tres comportamientos que pueden clasificarse a través del número adimensional de Reynolds, el cual es una relación de las fuerzas inerciales contra las fuerzas viscosas, Re_D , ecuación (2).

$$Re_D = \frac{VD\rho}{\mu} \quad (2)$$

Donde V es la velocidad del fluido [m/s], ρ es la densidad [kg/m^3] D es el diámetro de la tubería [m] y μ es la viscosidad dinámica del fluido [Pa.s]

Dependiendo del valor de este se establecen los siguientes regímenes

$Re < 2300$ El flujo sigue un comportamiento laminar

$2300 < Re < 4000$ Zona de transición de laminar a turbulento

$Re > 4000$ El fluido es turbulento

En la Figura (3) se aprecian los perfiles de velocidad para un flujo laminar y turbulento.

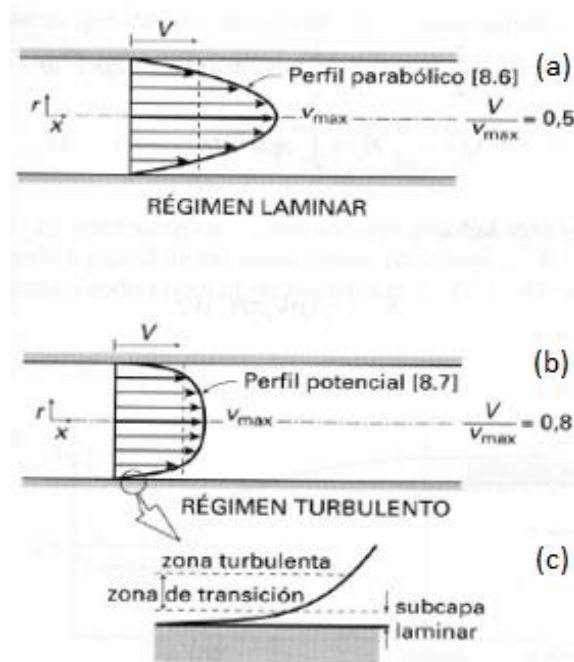


Figura 3 comportamiento laminar, transición y turbulento. En la Figura 3(a) se tiene un perfil de velocidades para flujo desarrollado, en un régimen laminar y se observa que el perfil es parabólico con velocidad máxima en el centro. En la Figura 3 (b) se tiene un perfil de velocidades para flujo desarrollado, en un régimen turbulento y se observa que el perfil es potencial con velocidad máxima en el centro. En la Figura 3(c) se observa la subcapa laminar, zona de transición y zona turbulenta. [9]

Uno de los problemas más estudiado para el flujo de fluidos en tuberías es el cálculo de las pérdidas de carga, para el caso de fluidos newtonianos la pérdida por efectos de los esfuerzos cortantes laminares sólo depende del número de Reynolds, F. White [1] La ecuación (3) es el factor de fricción de Darcy, la cual entra en la ecuación de la pérdida de carga.

$$f = \frac{64}{Re_D} \quad (3)$$

Donde f es el factor de fricción de Darcy (adimensional) que entra en la ecuación de la pérdida de carga o friccional $[J/Kg]$ ó $[m^2/s^2]$

Mientras que para el caso turbulento para tubos lisos, el coeficiente de pérdidas depende tanto de la rugosidad relativa $\epsilon_r = \epsilon/D$, donde ϵ es la rugosidad del material y D es el diámetro de la tubería, como de número de Reynolds. En este caso se proponen algunas ecuaciones como la ecuación de Karmann – Prandtl, ecuación (4).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{Re_D \sqrt{f}} \right) \quad (4)$$

En el caso de un régimen de zona de flujo turbulento rugoso se hace uso de la ecuación de Nikuradse, ecuación (5).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon_r}{3.7} \right) \quad (5)$$

Colebrook-White agrupa las dos expresiones anteriores en una sola, que es válida para todo tipo de flujos y rugosidades, ecuación (6).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\left(\frac{\varepsilon_r}{3.7} \right) + \left(\frac{2.51}{Re_D \sqrt{f}} \right) \right] \quad (6)$$

Una alternativa a estas ecuaciones es el diagrama de Moody. En el cual el coeficiente de fricción puede determinarse de forma gráfica, entrando a la gráfica con el número de Reynolds para casos en que el régimen sea laminar y en casos que el flujo sea turbulento entrando con el número de Reynolds y la rugosidad relativa, apéndice A.

Por otra parte AL-NASRI y T. UNNY [1], presentan un estudio experimental del cálculo del factor de fricción en régimen laminar en un tubo liso para fluido no Newtoniano (pseudoplástico). Los resultados se comparan con modelos teóricos. El modelo teórico para calcular el factor de fricción de Darcy se determina a través de la ecuación (7).

$$f = f_k + f_v \quad (7)$$

Donde f_k es el factor de fricción generado por el cambio de la energía cinética, ecuación (8).

$$f_k = \frac{2(117n^2 + 102n + 21)}{(10n^2 + 11n + 3)} \left[\frac{\partial n}{\partial Z} \right]_{ReD} \quad (8)$$

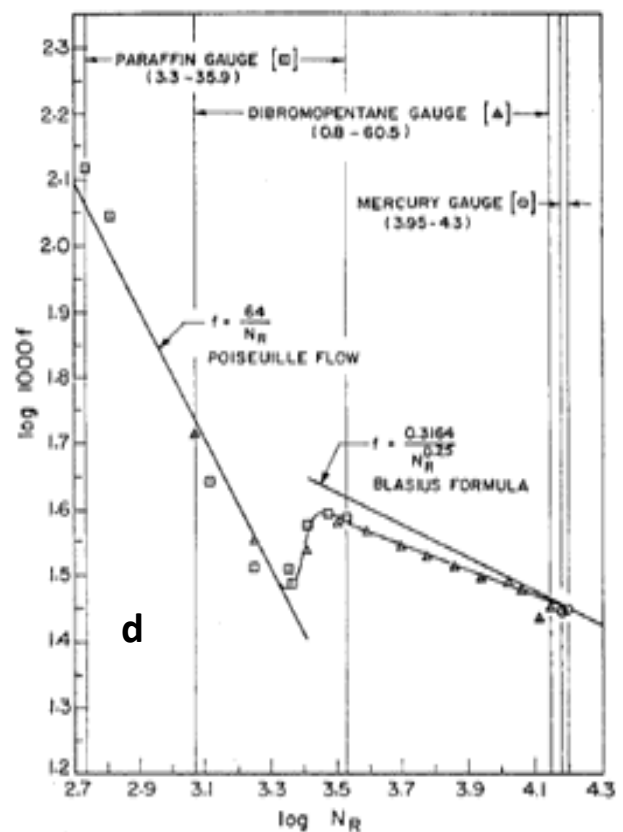
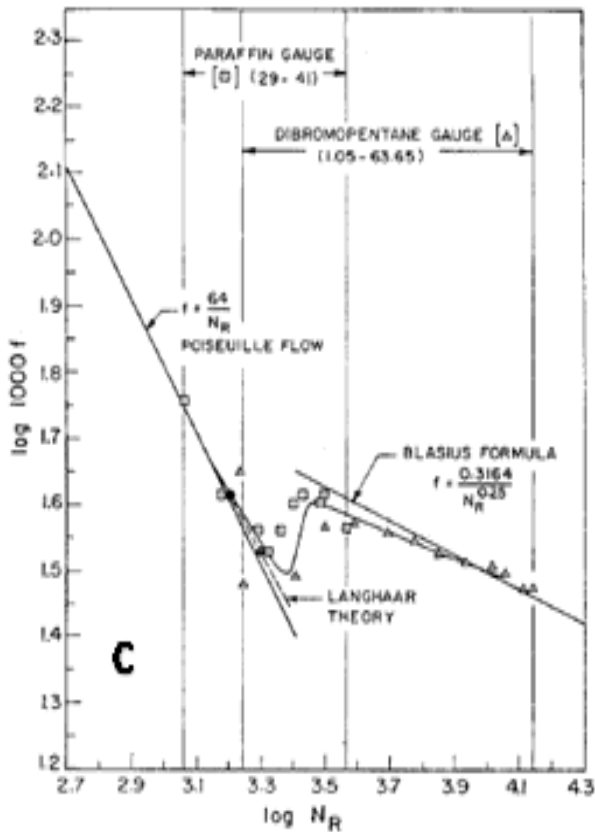
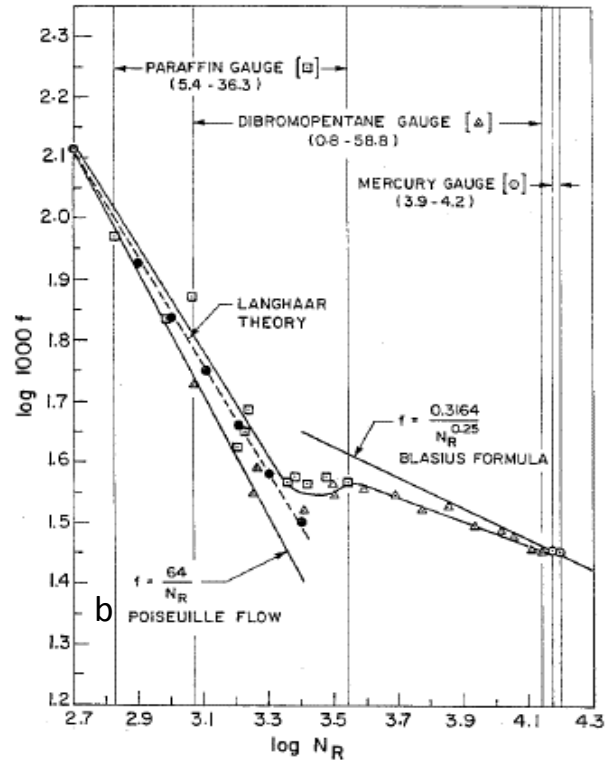
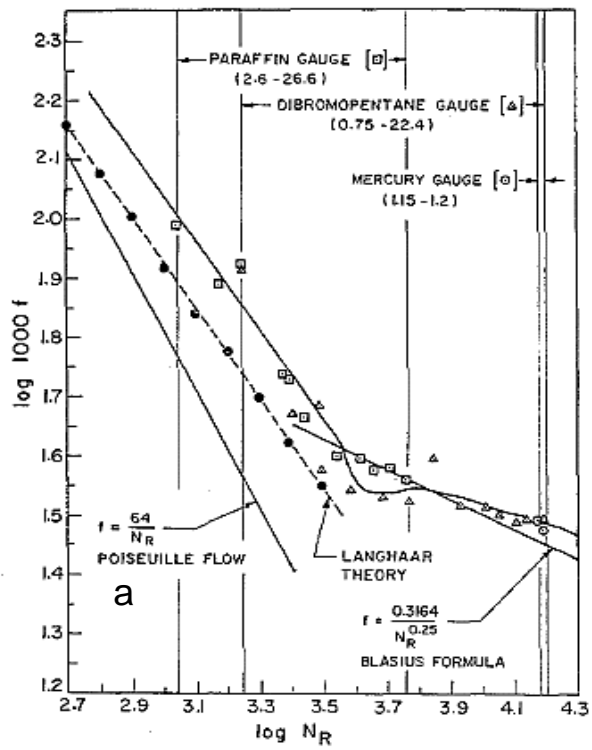
Donde Z es un número adimensional y está dado por $Z = L/r_0$ donde L es longitud del tubo y r_0 es el radio del tubo, n es una función del número de Reynolds y de la relación entre la longitud de entrada como también del diámetro del tubo, está dada por $n = 751.5(\xi)^3 - 184.9(\xi)^2 + 19.97(\xi)$ donde $\xi = Z/N_R$, N_R es el número de Reynolds. Los límites de n son "0" en la entrada y 1 al final de la longitud de entrada.

Mientras que f_v es el factor de fricción debido a la pérdida de carga viscosa definido como, ecuación (9).

$$f_v = \frac{2gDh}{LU_m^2} \quad (9)$$

Donde g es la aceleración de la gravedad [m/s^2], D es el diámetro de la tubería [m], h es la pérdida de carga [m], L es la longitud [m], U_m es la velocidad media [m/s].

En la Figura (4) se muestran los resultados del factor de fricción frente al número de Reynolds para diferentes longitudes de estudio $16.5 < L/D < 919$ en un flujo desarrollado. Los resultados se comparan contra el factor de fricción considerando el flujo de Poiseuille, fórmula Blasius y la teoría Langhaar.



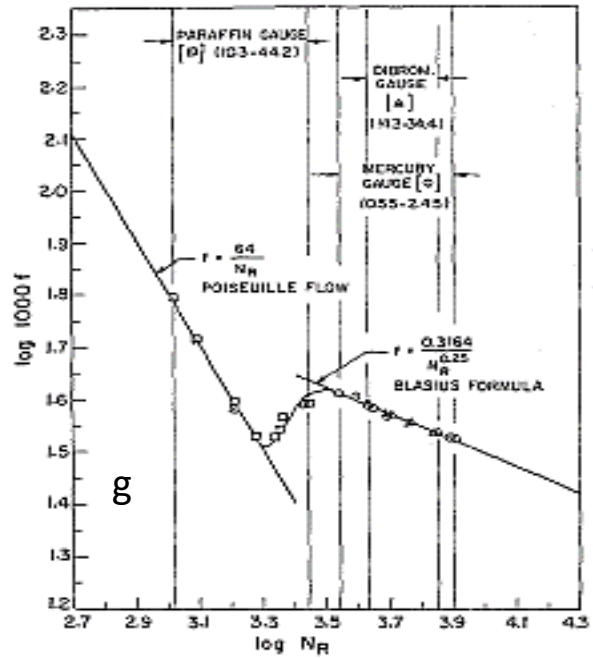
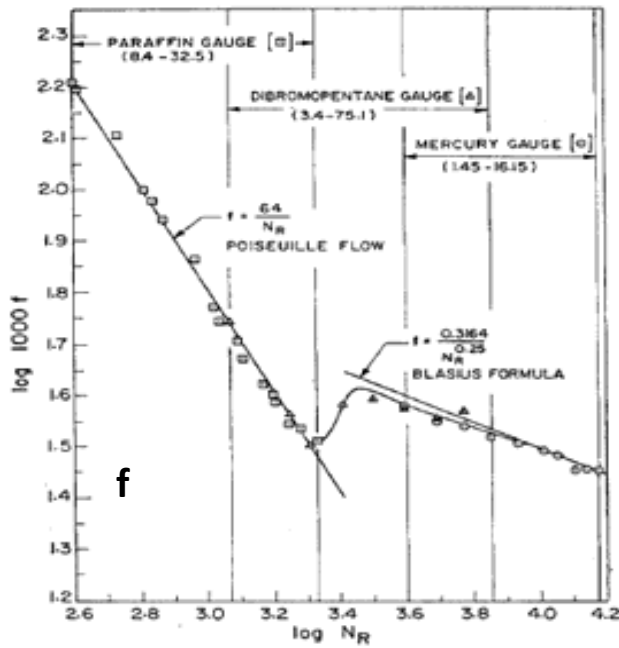
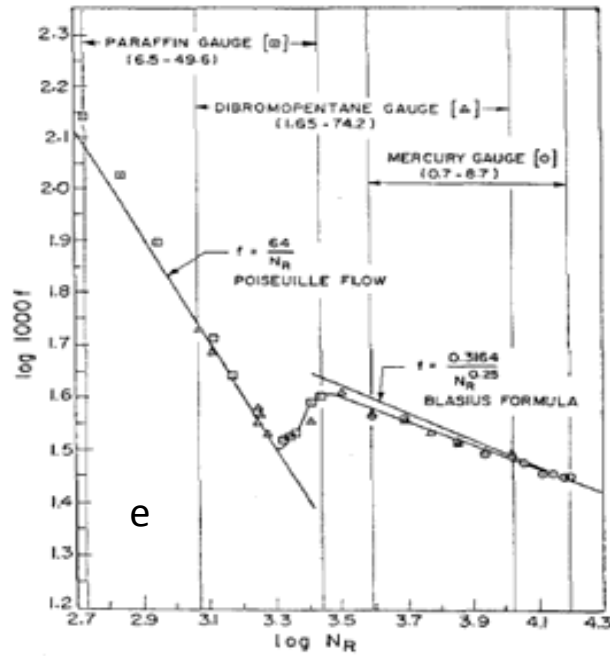


Figura 4 a) variación del factor de fricción con número de Reynolds " N_R " para una longitud de entrada de 16.5 diámetros. b) variación del factor de fricción con número de Reynolds " N_R " para una longitud de entrada de 51.4 diámetros. c) variación del factor de fricción con número de Reynolds " N_R " para una longitud de entrada de 106.9 diámetros. d) variación del factor de fricción con número de Reynolds " N_R " para una longitud de entrada de 163.2 diámetros. e) variación del factor de fricción con número de Reynolds " N_R " para una longitud de entrada de 361.7 diámetros. f) variación del factor de fricción con número de Reynolds " N_R " para una longitud de entrada de 756 diámetros. g) variación del factor de fricción con número de Reynolds " N_R " para una longitud de entrada de 919 diámetros.

Se observa que a una distancia de 16.5 diámetros los valores tienen un comportamiento descrito por la teoría de Langhaar y algunos valores cercanos a la fórmula de Blasius. En general los valores teóricos y experimentales presentan poca variación tanto en la región laminar como turbulenta.

Las variaciones más importantes se presentan a bajos números de Reynolds y distancias cortas desde la entrada, lo que puede ser un indicativo de que el fluido aún no está desarrollado, en este sentido, Gupta [2] Presenta un trabajo teórico del crecimiento de capa límite en tuberías y canales para fluidos no newtonianos, en el cual se determina la longitud de desarrollo (X) en función del índice de comportamiento "n" la cual se expresa para el caso de tuberías como se muestra en la ecuación (10).

$$X = \frac{\hat{x}}{N_{Re}} = \left(\frac{3n+1}{2(n+1)} \right)^2 x \quad (10)$$

Donde N_{Re} es el número de Reynolds y esta expresado como la ecuación (11).

$$N_{Re} = \frac{8\hat{\rho}\hat{R}^n\hat{u}_m^{2-n}n^n}{n^{2(n-1)/2}(3n+1)^n} \quad (11)$$

A partir de la ecuación de conservación de momento o bien de energía, Gupta obtiene diversas expresiones para determinar la longitud de desarrollo tanto para canales como para tuberías. En la Figura 5 se muestra una comparación de los resultados para el crecimiento de la capa límite en la región de desarrollo en un tubo circular, con un valor de $n=2/3$ para un fluido pseudoplástico y $n= 4/3$ para dilatantes. Como se observa existen diferencias entre los resultados determinados a partir de las soluciones y las presentadas por Matras & Nowak [3]. En la figura 6 se muestra la longitud de desarrollo en función del índice de comportamiento y como se observa existen evidentes diferencias entre las distintas soluciones analizadas. Por lo que es evidente la necesidad de validar los resultados teóricos con resultados experimentales. Son valores muy pequeños , para $x/d = [\text{distancia}/\text{diámetro}]$

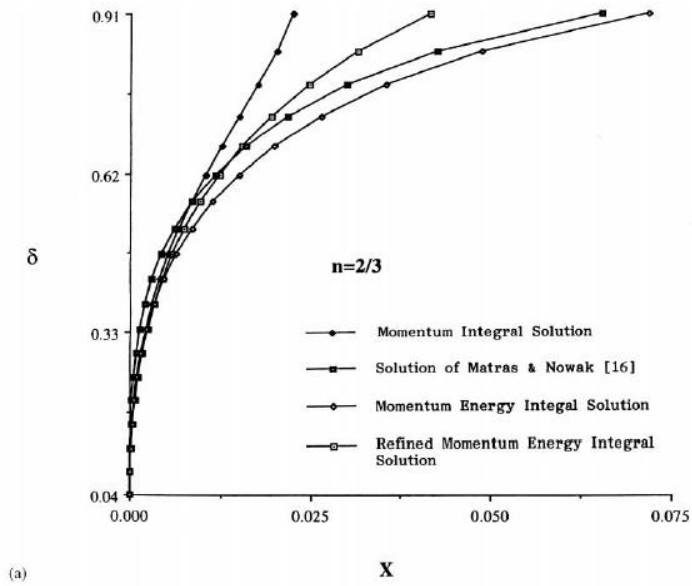
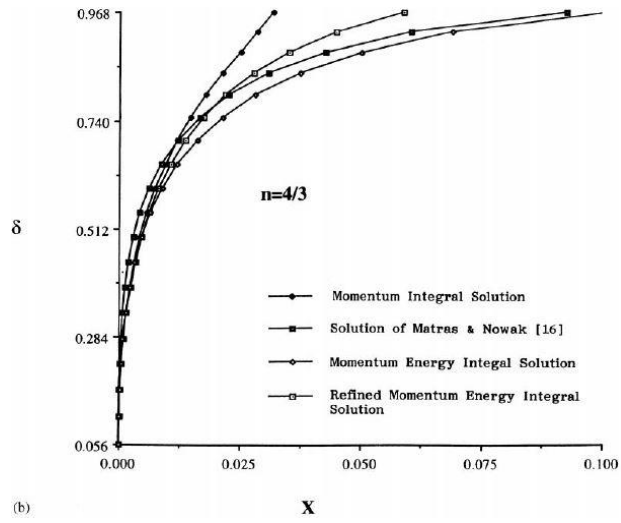


Figura 5 Límite de crecimiento en la región de desarrollo de un tubo circular: (a) de un fluido pseudoplástico; (b) de un fluido dilatante.

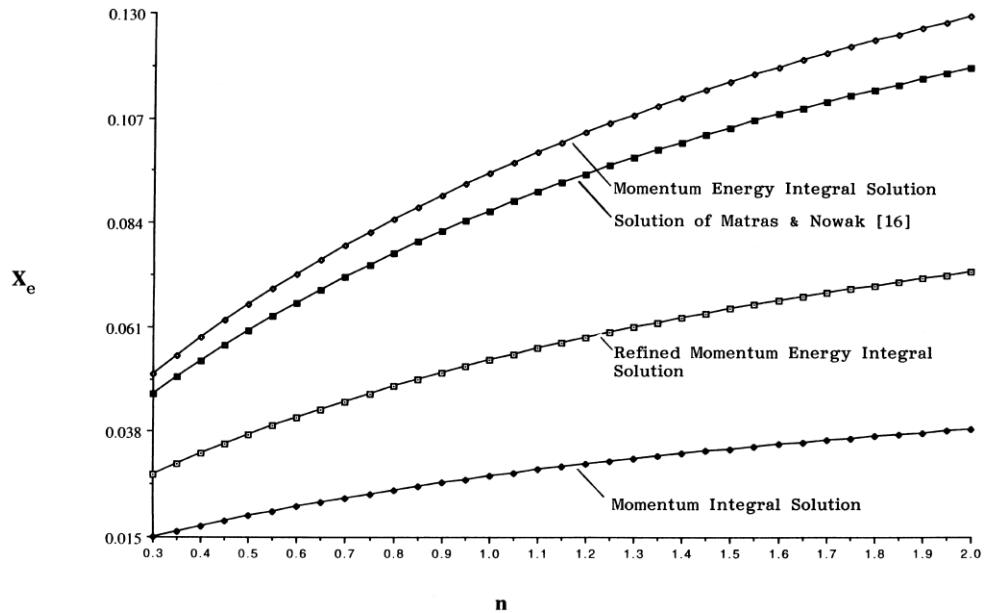


Figura 6 Longitud de la región de un tubo circular en función de n

En éste sentido Pinho y Whitelaw [3], presenta un estudio experimental tanto del coeficiente o factor fricción como del perfil de velocidades para distintas concentraciones de Carboximetil de Celulosa (CMC) y solución de jarabe de maltosa, cuya viscosidad se describe mediante la ley de potencia, ecuación 12. En este trabajo los autores caracterizan el fluido para 4 concentración distintas de CMC y jarabe de maltosa en una tubería lisa considerando un flujo desarrollado.

$$\tau = k\dot{\gamma}^n \quad (12)$$

Donde n es el índice de comportamiento y k es el factor de correspondencia dimensional, los valores n y k junto con la viscosidad se muestra en la Tabla 2.

Solución	K (Pa*s)	N	γ alcance (s ⁻¹)
0.4% CMC	0.447	0.56	115 – 12,000
0.3% CMC	0.184	0.64	140 – 12,000
0.2% CMC	0.044	0.75	140 – 12,000
0.1% CMC	0.0075	0.90	140 – 12,000

Tabla 1 Ley de potencia, parámetros y rango de Velocidad de corte γ

En la figura 7 se presenta la velocidad al centro de la tubería adimensionalizada con la velocidad promedio, como se observa para la región laminar, la velocidad se comporta de acuerdo a la

teoría del flujo newtoniano laminar en tuberías, en el que la velocidad en el centro es dos veces la velocidad promedio es decir, $u_0=2U_b$, mientras que para el caso turbulento se puede considerar que la relación de U_0/U_b es aproximadamente 1.33 pero sólo para valores de n cercanos o iguales a la unidad. Mientras que para menores a uno la relación sigue un comportamiento decreciente con el incremento del número de Reynolds.

En la figura 8, se presenta el comportamiento del coeficiente de fricción en función de número de Reynolds, como se observa para fluidos con valores del índice de comportamiento “ n ” menores a uno el coeficiente de fricción disminuye de manera asintótica mientras que para valores cercanos a la unidad el coeficiente permanece relativamente constante.

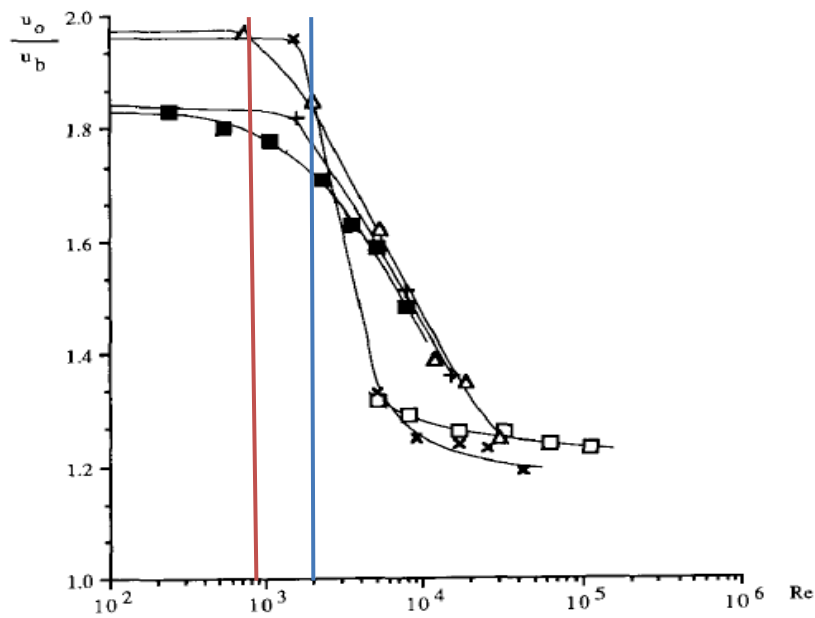


Figura 7 Velocidad promedio en el centro de la tubería (u_0/u_b) en función del número de Reynolds (Re) para x 0.1%, Δ 0.2%, ∇ 0.3%, \blacksquare 0.4% de CMC en peso, y fluido newtoniano \square (agua y solución de jarabe de maltosa).

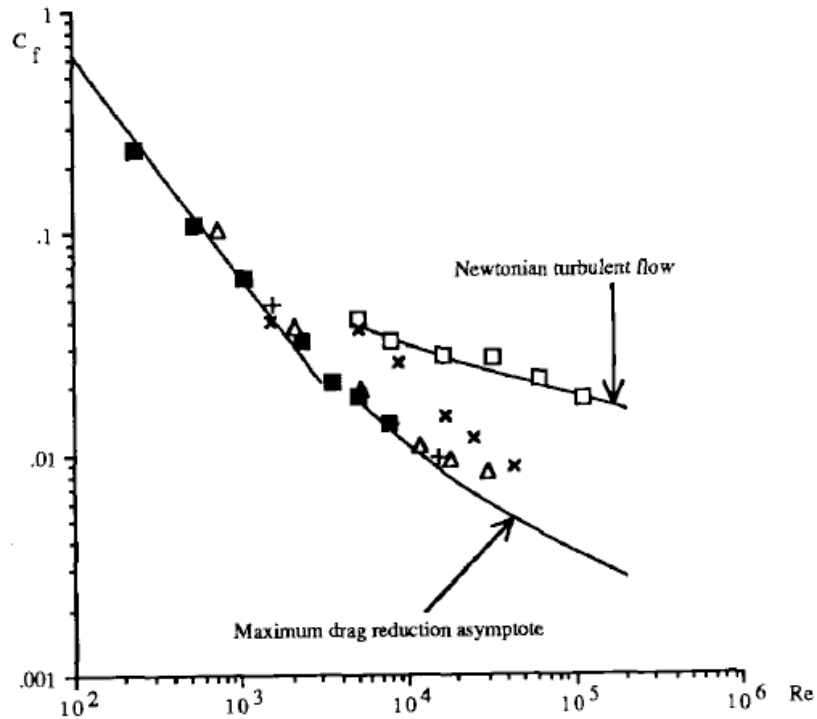


Figura 8 Factor de fricción (C_f) en función del número de Reynolds (Re) X 0.1%, Δ 0.2%, + 0.3%, \blacksquare 0.4% de CMC en peso, y fluido newtoniano (agua y solución de jarabe de maltosa). Donde se puede ver que a medida que va aumentando el número de Reynolds el coeficiente de fricción va decreciendo para todas las concentraciones de CMC, agua y jarabe de maltosa

En trabajos recientes Martínez et. al. [5], presentan un estudio experimental de las pérdidas de carga en régimen laminar de un fluido no newtoniano (plásticos Bingham). Como resultado de este trabajo los autores derivan un modelo analítico para el cálculo de pérdidas que es la siguiente ecuación.

$$i = \frac{\Delta P_{roz}}{L}$$

Donde, i = es la pendiente hidráulica [Pa/m], ΔP_{roz} es la caída de presión por rozamiento [Pa] y L longitud de la tubería entre los puntos de toma de presión [m]

Esta ecuación fue validada con resultados teóricos que se muestran en la Figura 9.

Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /h)	i (Pa/m) Teórico	i (Pa/m) Experimental	Error Puntual	λ	Re
0.934	29.39	1975.232	2073.479	4.7	0.116	2356.412
1.174	33.173	2071.171	2171.547	4.6	0.095	2659.671
1.296	36.629	2158.835	2241.6	3.7	0.08	2936.776
1.597	45.129	2374.428	2318.647	2.3	0.055	3618.258
1.782	50.368	2507.313	2451.745	2.2	0.047	4038.301
1.953	55.194	2629.722	2591.842	1.4	0.041	4425.232
2.093	59.15	2730.074	2661.895	2.5	0.037	4742.441
2.464	69.628	2995.843	2879.048	3.9	0.029	5582.528
2.685	75.867	3154.092	3082.193	2.3	0.026	6082.747
2.92	82.519	3322.816	3292.342	0.9	0.023	6616.08
3.07	86.758	3430.336	3572.542	4	0.023	6955.947
3.291	92.997	3588.585	3768.687	4.8	0.021	7456.166
3.46	97.78	3709.888	3852.741	3.7	0.019	7839.601

Figura 9 Valores de los datos experimentales, obtenidos a partir de la relación pendiente hidráulica y la velocidad. Para cada resultado se determinó el coeficiente de fricción (λ) y el número de Reynolds (Re).

En la Figura 10 se muestran las curvas de pérdida específica de presión teórica y experimental.

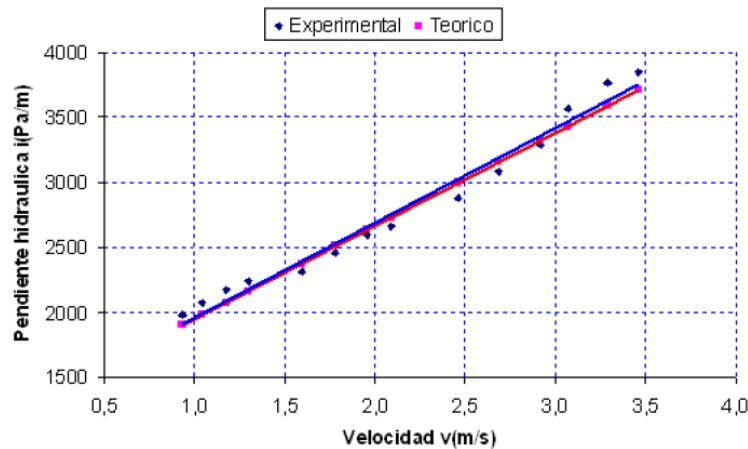


Figura 2 Grafica comparativa de las pérdidas específicas de carga teórica y experimental en tubería en la cual se puede observar los regímenes de movimiento de laminar a transición

Martínez et. al. [5] concluyeron que el cieno carbonato presenta un comportamiento de plástico ideal lo que se ajusta al modelo de Bingham, de igual forma mencionan que la correlación entre

el factor de fricción y el número de Reynolds para valores entre 2356,41 y 7839,60 enmarcan el comportamiento del fluido en zona de transición.

Otro aspecto importante es la estimación de las pérdidas secundarias, Arteaga et al. [6]. Diseñan y construyen un equipo experimental para medir perdidas de carga para válvulas y accesorios, los fluidos de trabajo que utilizan son xantana, bentonita y sacarosa. Se realizaron experimentos para válvulas de compuerta y válvula de globo de $\frac{1}{2}$, 1 y 2 pulgadas. En la Figura 11 se muestran los resultados obtenidos para una válvula de compuerta.

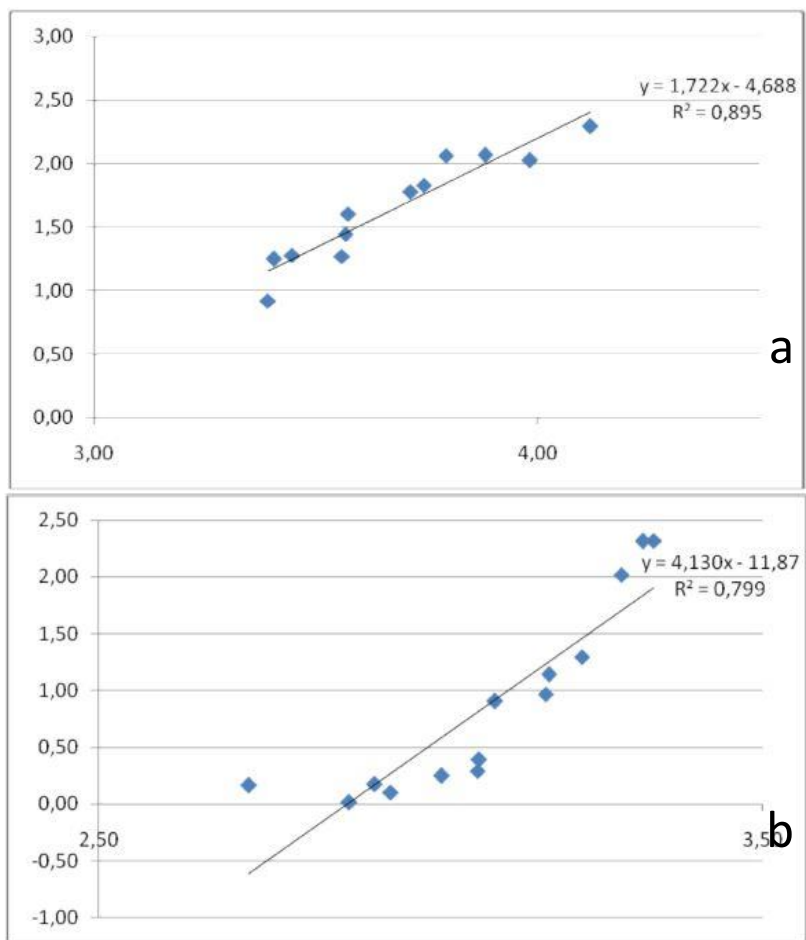


Figura 11 a) Coeficiente de fricción en función del número de Reynolds para válvulas de compuerta de 1 pulgada, en régimen turbulento. b) relación entre el número de Reynolds y el coeficiente de fricción para válvulas de compuerta de 1 pulgada, en régimen lamiar.

En la Figura 12 se ven los resultados de una válvula de bola.

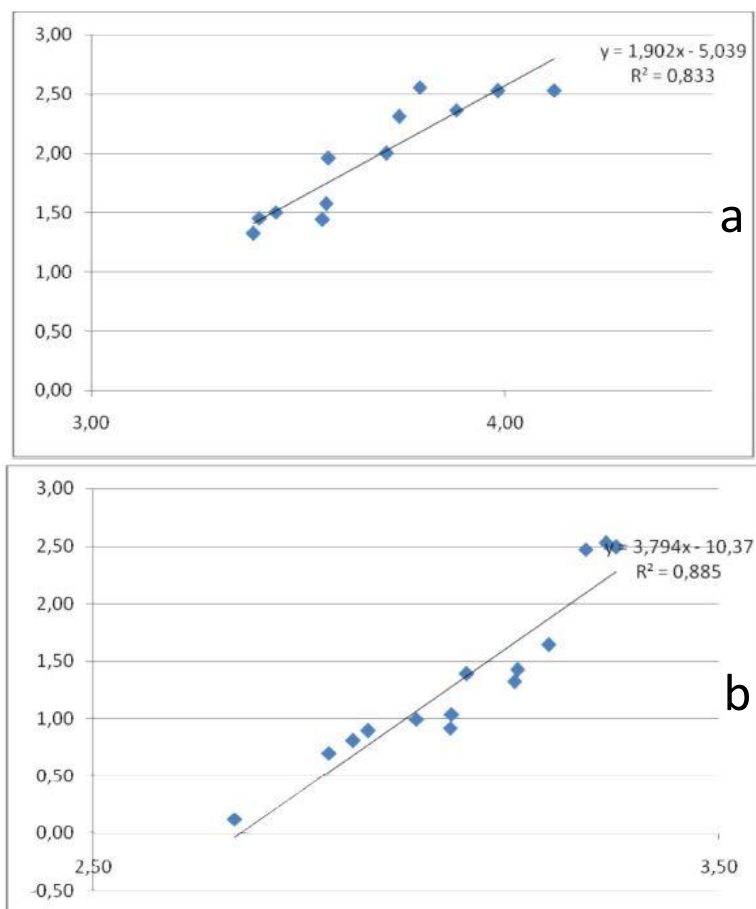


Figura 12 a) relación entre el número de Reynolds y el coeficiente de fricción para válvulas de esfera de 1 pulgada, en régimen turbulento. b) relación entre el número de Reynolds y el coeficiente de fricción para válvulas de compuerta de 1 pulgada, en régimen lamiar.

JUSTIFICACIÓN.

En el diseño de sistemas de tuberías para el transporte de fluidos no newtonianos, la mayor dificultad es el cálculo de pérdida de carga, tanto para tuberías como accesorios. En el caso de tuberías, la longitud de desarrollo cuyo valor no está bien definido con claridad para el caso de fluidos no newtonianos, como se mencionó con anterioridad las soluciones analíticas muestran diferencias importantes respecto a este valor y los resultados experimentales son escasos. Por otra parte, para los accesorios, en la mayoría de los casos el coeficiente de descarga se considera constante sin embargo, se ha demostrado que éste valor varía respecto al número de Reynolds. Por lo que el estudio experimental para determinar tanto la longitud de desarrollo como el coeficiente de fricción en accesorios es de gran importancia. En este trabajo se estudia

de manera experimental la variación del coeficiente de fricción en función del número de Reynolds Generalizado para válvulas de compuerta y esfera, además, se obtienen los perfiles de velocidades, para un fluido dilatante con un índice de comportamiento $n = 0.56$, para distintas longitudes de entrada. El fluido de trabajo es una solución acuosa de Carboximetil Celulosa (CMC) para cuatro concentraciones (1%,2%,3% y 4%) que corresponden a valores de "n" de 0.90, 0.75, 0.64 y 0.56.

CAPITULO III

DESARROLLO EXPERIMENTAL. MEDICIÓN DEL PERFIL DE VELOCIDAD

Para la estimación de los coeficientes de fricción se considera en primer lugar que el flujo que llega al accesorio (válvula de compuerta o esfera) es flujo completamente desarrollado, por lo que es necesario conocer la longitud de desarrollo. En este sentido [6], presenta resultados teóricos para determinar la longitud de desarrollo en tuberías y canales. Para el caso de flujo en tuberías.

$$X = \frac{\hat{x}}{N_{Re}} = \left(\frac{3n + 1}{2(n + 1)} \right)^2 x,$$

Gupta, presenta una comparación de solución de Matras & Nowak contra su solución integral para X, A partir de estos resultados es posible determinar los valores de la longitud de desarrollo X_{dh} para diferentes números de Reynolds. En la figura (13), se muestra el cambio de la longitud de desarrollo respecto al número de Reynolds, como se observa el crecimiento es lineal para ambos casos, sin embargo los resultados presentan diferencias importantes hasta un 300 %, esto se observa claramente en la figura 13, donde la longitud de desarrollo en función del coeficiente de comportamiento “n” cambia directamente proporcional con el incremento de “n”, en este caso es igualmente evidente la variación entre la solución de Matras y la solución de [6].

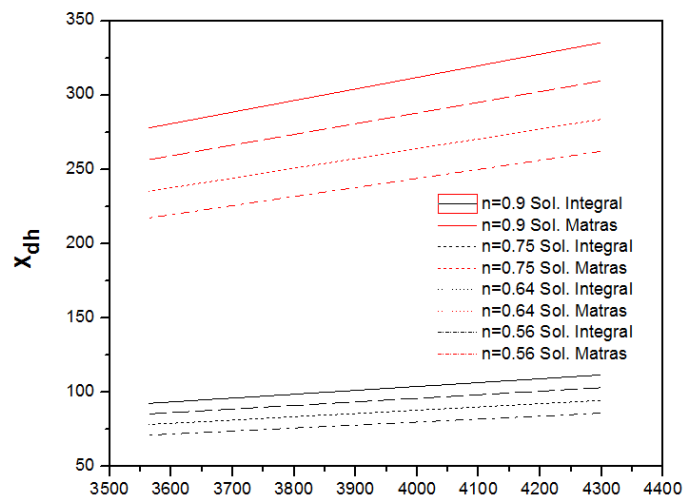


Figura 13 Cambio de la longitud de desarrollo X_{dh} para diferente número de Reynolds

Por lo anterior resulta importante estimar la longitud de desarrollo de manera experimental, para ello se propone el siguiente dispositivo experimental.

DISPOSITIVO EXPERIMENTAL. MEDICIÓN DEL PERFIL DE VELOCIDAD

Como se observa en el esquema de la figura 14. El dispositivo experimental consiste en tres tramos rectos de tubo de acrílico transparente de 1 ½ pulgada, por los que circula el fluido de trabajo proveniente de un tanque del almacenamiento de 60 litros, el fluido circula con ayuda de una bomba hidráulica trifásica. Para realizar las mediciones de los perfiles de velocidad el tubo horizontal se cubre con un caja de acrílico de dimensiones (L= 59cm, ancho w=21cm alto $\delta=21$ cm). En la figura 15 se presenta físicamente el dispositivo experimental.



Figura 14 Esquema para realizar las mediciones de los perfiles de velocidad



Figura 15 Dispositivo experimental para la obtención de los perfiles de velocidad

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL. MEDICIÓN DEL PERFIL DE VELOCIDAD

Para realizar las mediciones de perfiles de velocidades se obtiene una relación de la potencia del variador de frecuencia con la velocidad promedio de flujo. La velocidad del flujo se obtiene empleando un tubo Venturi el cual se conecta a un manómetro diferencial de mercurio dado que este manómetro nos permitirá visualizar la caída de presión en el venturi. Los valores más pequeños de velocidad se realizan inclinando el manómetro diferencial a un ángulo de 10° respecto a la horizontal, cabe mencionar que éste manómetro se construye también como parte del equipo experimental.

Para verificar la repetitividad de las velocidades se realizan tres esquemas de monitoreo, el primero se realiza incrementando la potencia del variac desde el 35% al 90% de la bomba, el segundo. Se realiza de manera descendente desde 90% hasta el 35%, por último se realiza de manera continua es decir, se incrementa de 35% a 90% y después sin apagar el equipo se disminuye desde 90% a 35%. El límite de 90% se establece por cuestiones de seguridad que maneja el fabricante (DANFOSS) del Variac, mientras que el límite de 35% se debe a que la bomba a menores porcentajes presentaba algunas irregularidades en su desempeño. Para valores más pequeños de velocidad se usa una válvula de compuerta a la salida de bomba. (En el apéndice de resultados experimentales y tablas de propiedades se muestra esto).

Todos los eventos fueron realizados tres veces y además se compararon contra mediciones de volumen contra tiempo, medidos con cubeta y reloj. En las siguientes graficas se observa el gasto volumétrico en función del porcentaje de operación de la bomba, en las que se comparan los dos procesos para la obtención del gasto volumétrico, en las figuras (16), (17), (18), (19) y (20) se observa que el crecimiento es lineal para ambos casos, a pesar de las diferencias que se observan estas no superan el 10%.

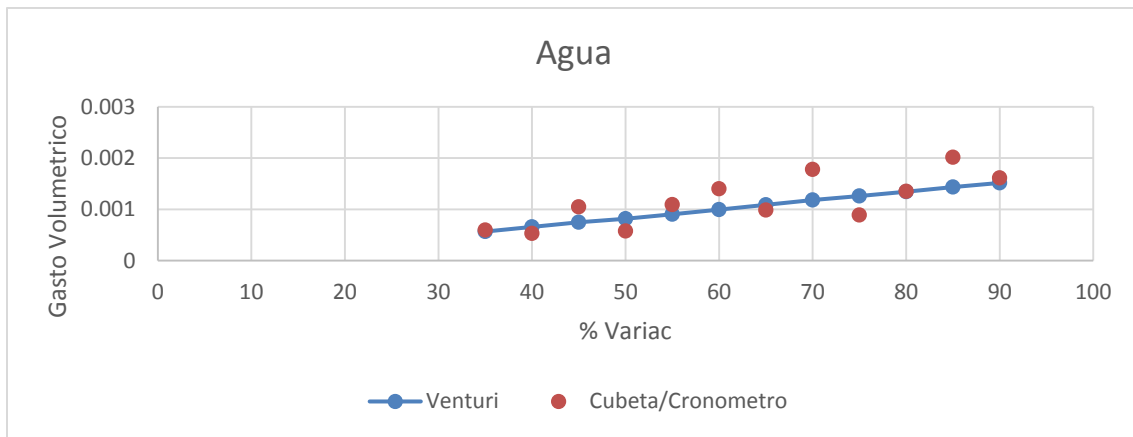


Figura 16 Se observa el gasto volumétrico en función del porcentaje de operación de la bomba (% Variac) del agua comparando los dos procesos del venturi y cubeta/reloj.

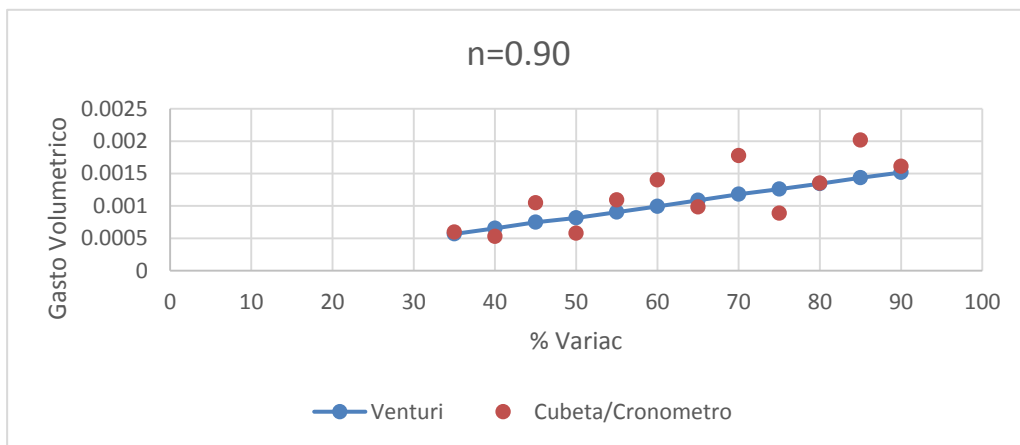


Figura 17 Se observa el gasto volumétrico en función del porcentaje de operación del variac. Se comparan los resultados de las mediciones con venturi contra las mediciones de probeta y reloj, para un fluido n=0.90

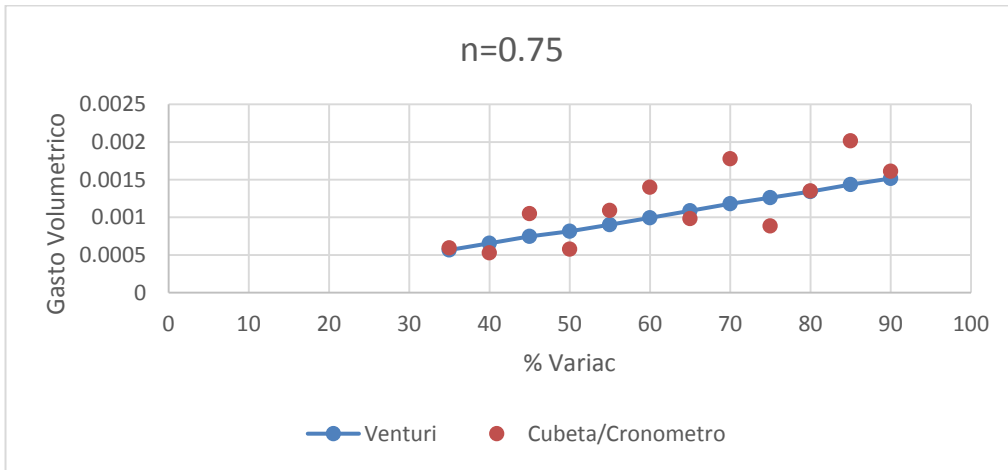


Figura 18 Se observa el gasto volumétrico en función del porcentaje de operación del variac. Se comparan los resultados de las mediciones con venturi contra las mediciones de probeta y reloj, para un fluido $n=0.75$

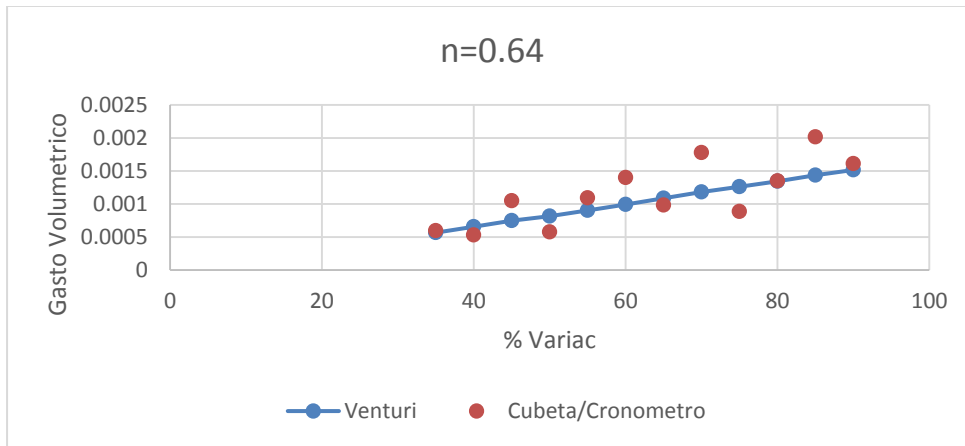


Figura 19 Se observa el gasto volumétrico en función del porcentaje de operación del variac. Se comparan los resultados de las mediciones con venturi contra las mediciones de probeta y reloj, para un fluido $n=0.64$

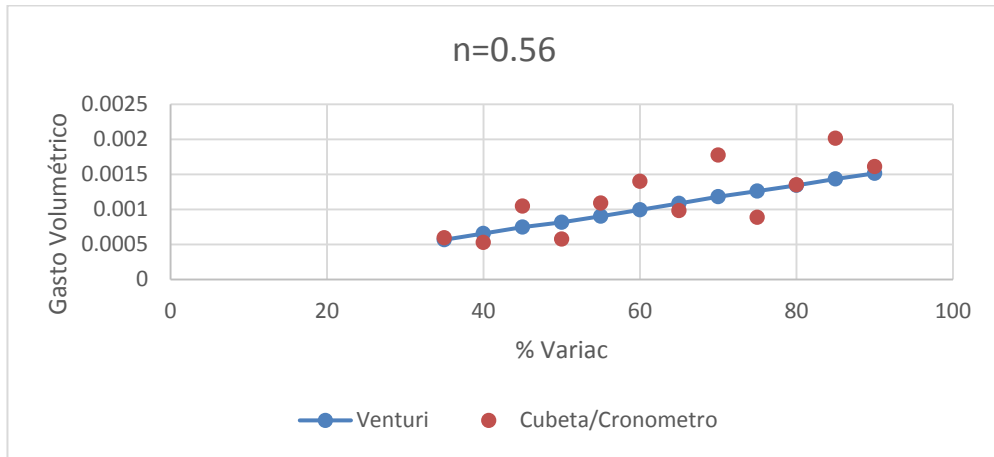


Figura 20 Se observa el gasto volumétrico en función del porcentaje de operación del variac. Se comparan los resultados de las mediciones con venturi contra las mediciones de probeta y reloj, para un fluido $n=0.56$

El procedimiento experimental para la obtención de los perfiles de velocidades inicia con la elaboración del fluido de trabajo a un 4% de concentración de CMC debido a que este es el menos newtoniano, después de tener el fluido de trabajo se procede a encender el variador de frecuencia y ponerlo al 35% de operación que de acuerdo con la Figura (21) es el valor más pequeño de velocidad que se puede medir con el manómetro diferencial.

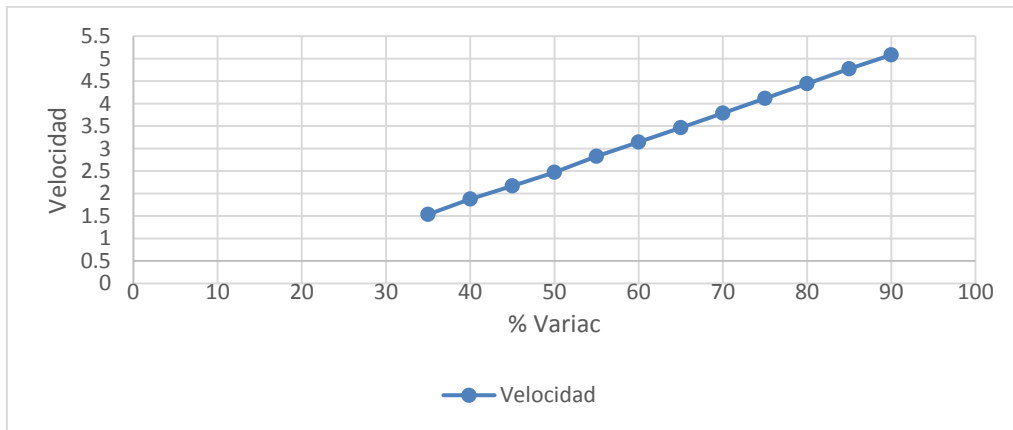


Figura 21 Se observa la velocidad en función del porcentaje de operación del Variac (% Variac) del fluido no newtoniano con $n=0.56$.

Se agregan partículas de poliamida de 20-50 μm al fluido, las cuales sirven como trazadores. Para eliminar efectos de difracción debido a la curvatura del tubo, la caja de acrílico que lo rodea se llena de agua lo cual facilita la visualización de las partículas trazadoras. Una vez realizado lo anterior se toman videos a 35%, 50% y 90% de potencia de la bomba con la ayuda de una cámara Phantom (AMETEK), cada video tiene las siguientes características, 5400 cuadros por segundo en un tiempo de grabado de 2.67 segundos

DISPOSITIVO EXPERIMENTAL. PÉRDIDA EN ACCESORIOS

A partir de los resultados anteriores se propone el siguiente dispositivo experimental para la estimación del coeficiente de fricción. En la figura 25, se muestra el esquema del dispositivo experimental para medir la caída de presión en accesorios, al igual que en el caso anterior consta de un tanque de 60 litros acoplado a una bomba hidráulica trifásica. El fluido de trabajo se hace circular por tubos de PVC. A una distancia de 53 Diámetros desde la salida del codo recto (ver esquema figura 14) ya que para estas condiciones se considera que el flujo es completamente desarrollado, finalmente se instala un tubo venturi a la salida del dispositivo. En la figura 26 se presenta físicamente el dispositivo experimental.

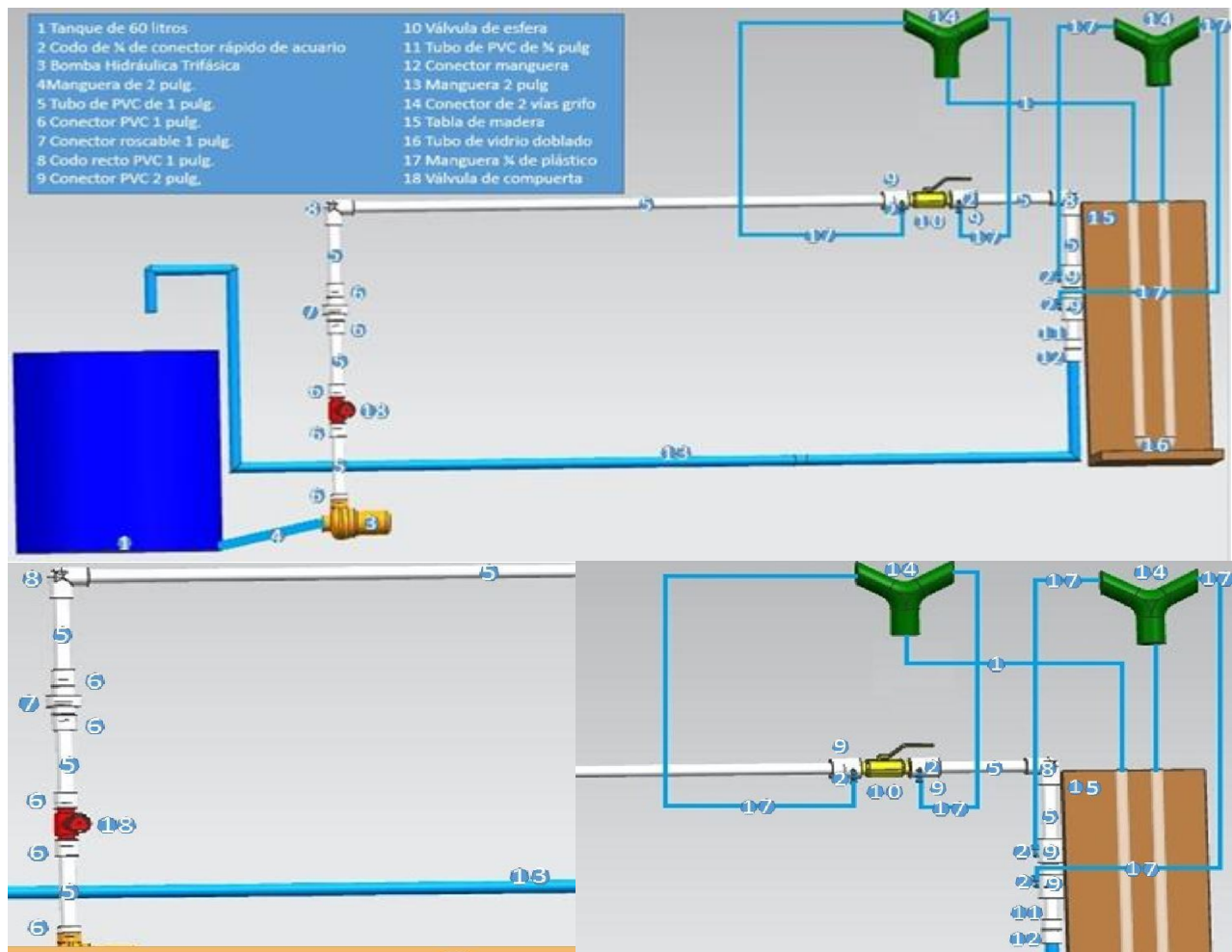


Figura 25 Dispositivo para la estimación del coeficiente de fricción

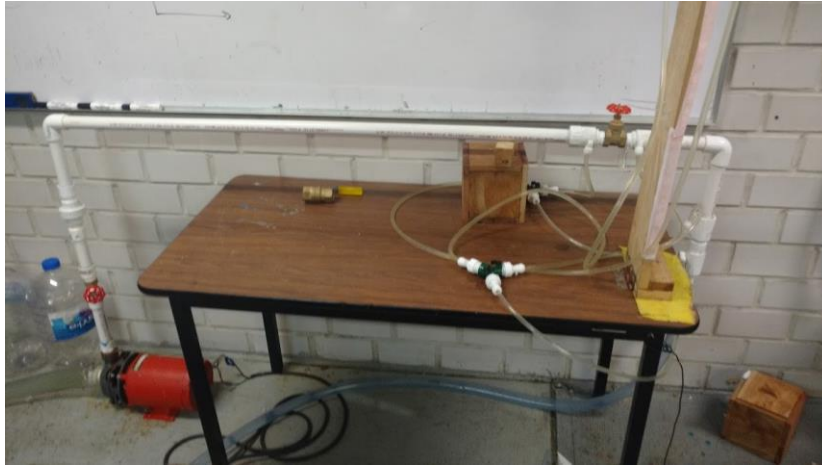


Figura 26 Dispositivo experimental para la obtención del coeficiente de fricción

Se estima que para nuestro fluido de trabajo y para el valor máximo del número de Reynolds Generalizado la longitud de desarrollo hidrodinámica es de aproximadamente 30 cm. Bajo esta consideración se propone una longitud de la tubería de 53 diámetros para garantizar la condición de flujo desarrollado y a esta distancia se coloca el accesorio (válvula de compuerta o esfera). Es necesario que se considere en primer lugar la longitud de desarrollo, ya que el estudio en este trabajo considera un flujo desarrollado.

El número de Reynolds Generalizado se calcula de la siguiente manera.

$$GRe_D = \frac{D^n V^{2-n} \rho}{8^{n-1} K} \left(\frac{4n}{3n+1} \right)^n$$

Dónde: GRe_D es el número de Reynolds Generalizado, D es el diámetro de la tubería, V es la velocidad promedio, ρ es la densidad, n es el índice de comportamiento y K es el factor de correspondencia dimensional.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PÉRDIDA EN ACCESORIOS

La preparación del fluido de trabajo se realiza en un recipiente de 60 litros al cual se le vierte agua a una temperatura de laboratorio 26 a 27 °C, se agrega Carboximetil de Celulosa en polvo a 4%, 3%, 2% y 1%. Se agitó por 4 horas hasta que se obtuvo una mezcla homogénea. La degradación del fluido se presenta en un periodo de 3 a 4 días. En la Tabla 2 [3] presentan el índice de comportamiento de cada una de las concentraciones de acuerdo a la ley de potencia.

El procedimiento experimental para la estimación del coeficiente de fricción consiste en verter fluido de trabajo dentro del tanque de 60 litros. Antes de proceder a tomar lecturas en el sistema, se expulsa todo el aire de la tubería y las mangueras hasta llegar a tener una lectura cero en el manómetro, después se enciende el variador de frecuencia a 35% de potencia. Seguido a esto se comienza a tomar lectura de la caída de presión de una de las válvulas acopladas al sistema ya sea la de compuerta o la de esfera y de igual forma del tubo venturi, una vez realizada la toma de la caída de presión en la válvula y el tubo venturi se incrementa un 5% al variador de frecuencia hasta llegar a un 90%; acto seguido a esto se obtienen los valores en un orden ascendente (35% a 90%) se realiza la misma operación de obtener la caída de presión pero ahora en orden descendente (90% a 35%) este procedimiento se maneja debido a que la lectura del manómetro no era estable si no que oscilaba +/- 1 mm. Para precisar la información obtenida se realizaron 3 repeticiones en cada sentido y garantizar así que las lecturas que sean precisas.

CAPITULO IV

RESULTADOS. MEDICIÓN DEL PERFIL DE VELOCIDAD

Los resultados de los perfiles de velocidad, para un fluido con $n=0.56$, a diferentes distancias desde la salida del codo recto se muestran a continuación. Como se observa en la figura número (22) para un gasto de 26 Litros por minutos que corresponde a una velocidad promedio de 0.2207 m/s, la longitud de desarrollo se alcanza a una distancia de 10 Diámetros medidos desde la salida del codo recto, el perfil presenta una forma parabólica no redondeada alcanzando su velocidad máxima al centro de la tubería.

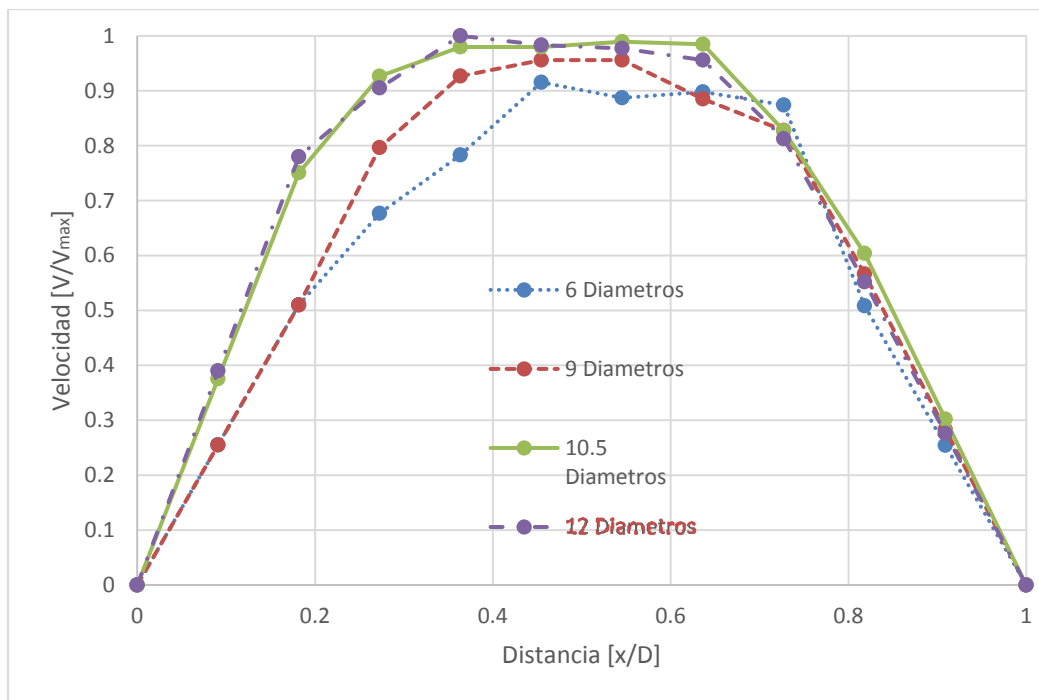


Figura 22 Se observa los perfiles de velocidad a distintas longitudes desde el codo recto con un gasto volumétrico de 26.08 [l/min], a distintas distancias 6, 9, 10.5 y 12 diámetros. Se puede observar que para distancias de 10 a 12 diámetros los perfiles de velocidad son idénticos, por lo que se considera que el fluido se ha desarrollado

En la figura 23 se presentan los perfiles de velocidad para un gasto de 42 litros por minuto que corresponde a una velocidad promedio de 0.3565 m/s. Como se observa la longitud de desarrollo se alcanza a una distancia de nueve diámetros que es muy similar al caso anterior. Por último en la figura 24 se muestran los perfiles de velocidades con un gasto de 86 litros por minuto que corresponde a una velocidad promedio de 0.7301 m/s, en los tres casos los perfiles muestran un comportamiento parabólico, el cual se va desarrollando a medida que se aleja de la

salida del codo recto. En general a partir de nueve diámetros se puede considerar que el flujo es desarrollado.

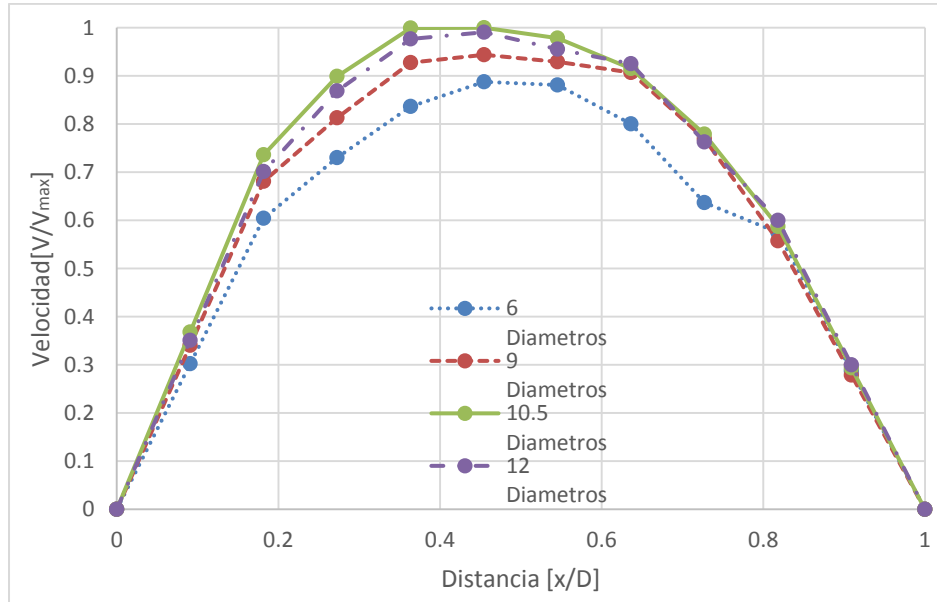


Figura 23 Se observa los perfiles de velocidad a distintas longitudes desde el codo recto con un gasto volumétrico de 42.05 [l/min], a distintas distancias 6, 9, 10.5 y 12 diámetros. Se puede observar que para distancias de 9 a 12 diámetros los perfiles de velocidad son idénticos, por lo que se considera que el fluido se ha desarrollado hidrodinámicamente.

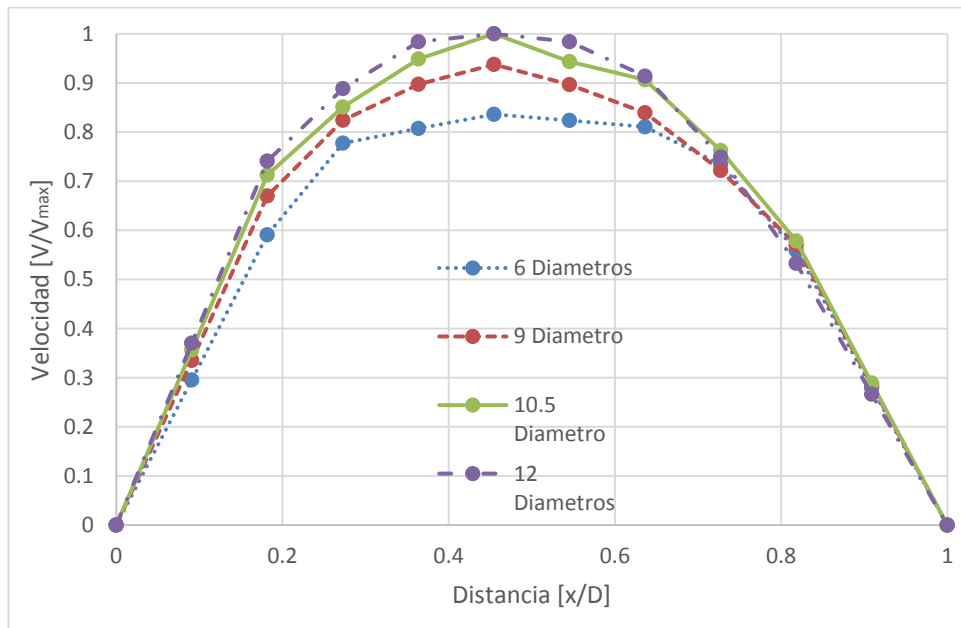


Figura 24 Se observa los perfiles de velocidad a distintas longitudes desde el codo recto con un gasto volumétrico de 86.50 [l/min], a distintas distancias 6, 9, 10.5 y 12 diámetros. Se puede observar que para distancia de 9 a 12 diámetros los perfiles de velocidad son idénticos, por lo que se considera que el fluido se ha desarrollado hidrodinámicamente.

RESULTADOS PERDIDA EN ACCESORIOS.

Los resultados del coeficiente de fricción tanto para la válvula de compuerta como para la válvula de esfera se presentan a continuación, en ambos casos se utiliza cuatro diferentes concentraciones de Carboximetil celulosa con valores del coeficiente de comportamiento “n” de 0.56, 0.64, 0.75, 0.90 y agua [3] y se muestran a continuación. En la figura 27 se observa el factor de fricción, f , en función del número de Reynolds Generalizado (GR_D) para una válvula de compuerta, se muestran los resultados para los cinco fluidos analizados. En el caso del agua el valor del factor de fricción permanece casi constante, este mismo comportamiento se observa para el fluido con un valor de $n=0.9$, mientras que para el fluido con un valor del índice de comportamiento $n=0.75$ el coeficiente de fricción disminuye, en este se observa un comportamiento decreciente desde un valor del GR_D de 811 hasta 2007, posteriormente se incrementa de 2007 a 9557 además, se presenta un valor mínimo del coeficiente de fricción para un Reynolds Generalizado de 2007. Este comportamiento es más evidente para valores de $n=0.64$ y 0.56. Para el caso $n=0.56$ el decremento es evidente y más significativo en un rango de $273 < GR_D < 1247$, y presenta su valor mínimo en este último valor. A partir de este valor el coeficiente se incrementa moderadamente presentando un comportamiento con tendencia asintótica para valores más grandes del número de Reynolds Generalizado, con un valor del coeficiente de fricción $f \approx 1.5$, por último para $n=0.65$, se presenta un comportamiento similar al caso anterior, el valor mínimo para el coeficiente de fricción es de $K=2.6$ para un Reynolds Generalizado de 1564, y para valores mayores del GR_D el valor de K tiende a 2.4.

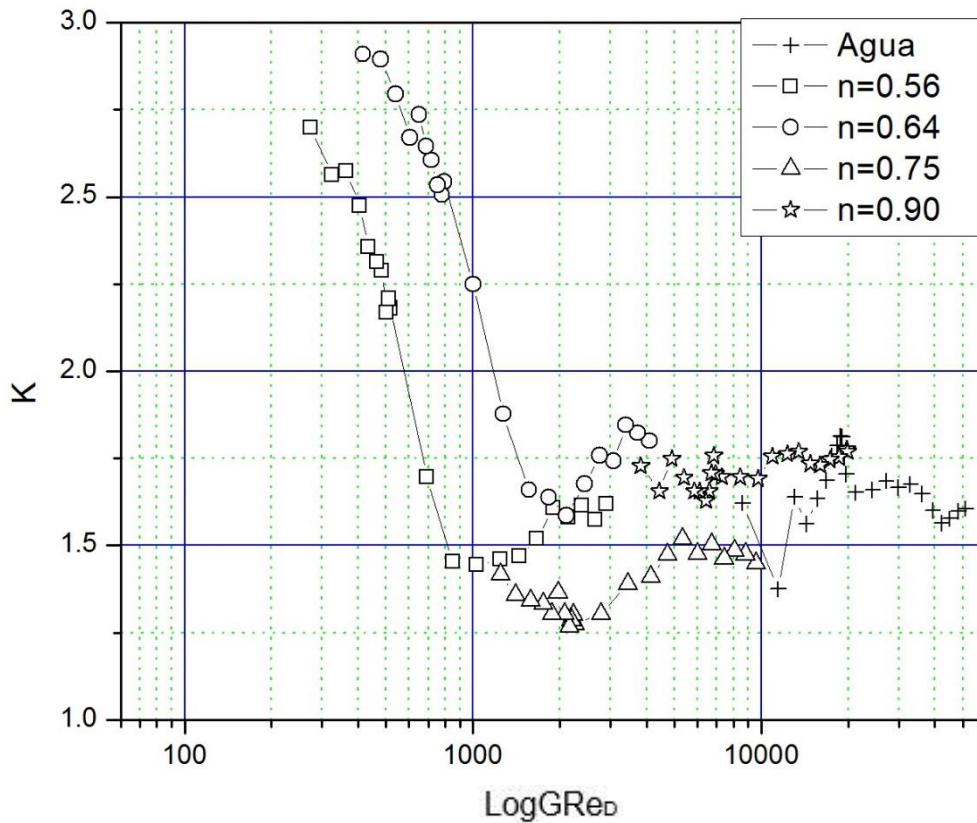


Figura 27 Se observa el Factor de fricción (f) en función del número de Reynolds (GRe_D) de varias concentración de CMC (1%, 2%, 3% y 4%) en peso, y fluido newtoniano (agua). Para una válvula de compuerta de una pulgada.

Se puede apreciar en la Figura 28 el factor de fricción, f , en función del número de Reynolds Generalizado para la válvula de esfera, en la que se muestran los resultados para los cinco fluidos analizados. En el caso del agua el valor del factor de fricción es $f=1.2$ el cual casi permanece constante, este mismo comportamiento se observa para el fluido con un valor de $n=0.9$, mientras que para el fluido con un valor del índice de comportamiento $n=0.75$ el coeficiente de fricción disminuye, en esta grafica se observa un comportamiento de incremento a medida que va aumentando el número de GRe_D desde un valor del número de 1783 a 9557. Para el caso $n=0.56$ el decremento es evidente con un comportamiento exponencial en un rango del número de Reynolds Generalizado de 273 a 2905, que tiende a un valor del coeficiente de

fricción $f \approx 0.89$, por ultimo para $n=0.65$, se presenta un comportamiento similar al caso anterior, el coeficiente de fricción comienza $f=1.68$ para un GR_{eD} de 415, y para valores mayores del Reynolds Generalizado el valor de f tiende a 1.14.

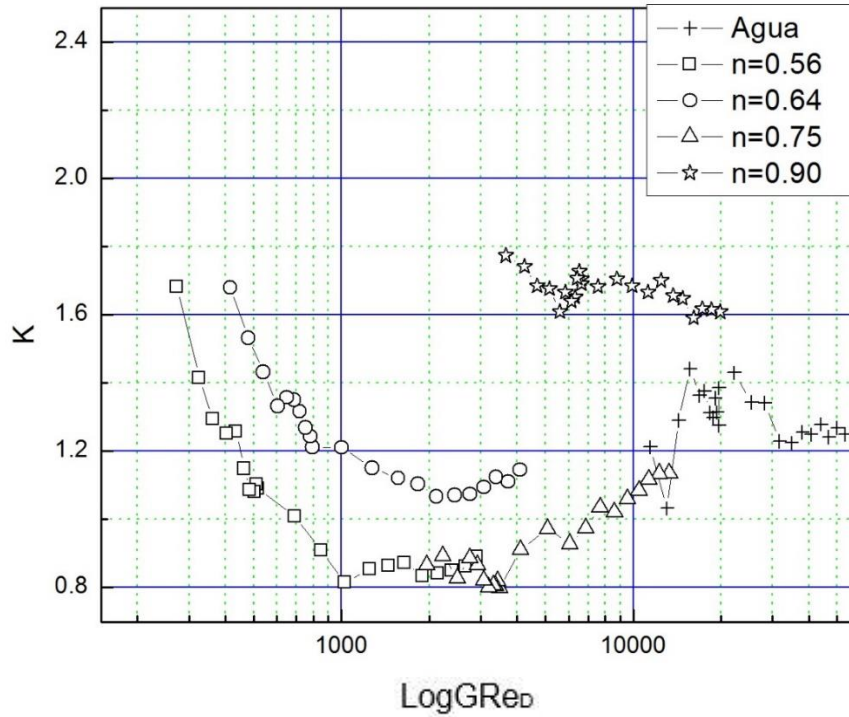


Figura 28 Se observa el Factor de fricción (f) en función del número de Reynolds (GR_{eD}) de varias concentración de CMC (1%, 2%, 3% y 4%) en peso, y fluido newtoniano (agua). Para una válvula de esfera de una pulgada.

CAPITULO V

CONCLUSIÓN

En este trabajo se presentan los resultados experimentales tanto para la estimación de los coeficientes de pérdidas secundarias para un fluido Dilatante para cuatro valores del índice de comportamiento $n = 0.9, 0.75, 0.65$ y 0.56 como para la longitud de desarrollo para un fluido con índice de comportamiento $n = 0.56$

A partir de los resultados obtenidos en los perfiles de velocidades se puede concluir que se logra obtener un flujo desarrollado a partir de los 12 diámetros en comparación con la teoría que nos dice que se obtiene a 50 Diámetros [4] mientras que en un fluido newtoniano se considera que a partir de 10 se desarrolla el flujo.

Con respecto al factor de fricción en una válvula de compuerta se puede concluir que para valores de $n=0.75, 0.64$ y 0.56 las curvas presentan un mínimo en (3439 Reynolds Generalizado, 1.27 factor de fricción), (2112 Reynolds Generalizado, 2.32 Factor de fricción), (1001 Reynolds Generalizado, 1.44 Factor de fricción) respectivamente.

Para valores moderados del número de Reynolds generalizado se presentan factores de fricción más grandes. Además, para valores mayores de Reynolds Generalizado se tiene un crecimiento asintótico.

Para valores del índice de comportamiento “ n ” cercanos a la unidad los valores permanecen constantes y son muy cercanos a los del agua para un fluido newtoniano.

Para valores obtenidos en una válvula de esfera se puede concluir que para el índice de comportamiento de $n=0.56$ y $n=0.64$ se obtiene un decrecimiento exponencialmente, para $n=0.75$ se muestra que a medida que el número de Reynolds Generalizado va aumentando el coeficiente de fricción también va aumentando y para el caso $n=0.90$ a medida que va aumentando el número de GR_{eD} tiene un pequeño decrecimiento en el coeficiente de fricción. Para el caso del agua el valor de f es constante a medida que va aumentando el número de Reynolds Generalizado.

APENDICES

APÉNDICE DE RESULTADOS EXPERIMENTALES Y TABLAS DE PROPIEDADES

Resultados Experimentales Válvula de Compuerta

Tabla 1 Agua									
Gasto (m ³ /s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	Re _D	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	h _f	f	% Operación
0.0006	0.0150	2.0014	1.1199	19662.2261	0.0080	1067.3280	0.1090	1.7055	35
0.0007	0.0200	2.3110	1.2931	22703.9830	0.0100	1334.1600	0.1363	1.5989	40
0.0007	0.0260	2.6350	1.4744	25886.5235	0.0140	1867.8240	0.1908	1.7219	45
0.0008	0.0310	2.8772	1.6099	28266.2309	0.0160	2134.6560	0.2180	1.6505	50
0.0009	0.0380	3.1855	1.7825	31295.2809	0.0200	2668.3200	0.2725	1.6831	55
0.0010	0.0460	3.5048	1.9611	34432.2951	0.0240	3201.9840	0.3271	1.6684	60
0.0011	0.0550	3.8324	2.1444	37650.2964	0.0280	3735.6480	0.3816	1.6280	65
0.0012	0.0650	4.1662	2.3312	40930.1875	0.0320	4269.3120	0.4361	1.5743	70
0.0013	0.0740	4.4453	2.4874	43671.9833	0.0360	4802.9760	0.4906	1.5557	75
0.0013	0.0840	4.7362	2.6501	46529.3192	0.0420	5603.4720	0.5723	1.5989	80
0.0014	0.0960	5.0632	2.8331	49741.9346	0.0480	6403.9680	0.6541	1.5989	85
0.0015	0.1070	5.3454	2.9910	52514.4648	0.0540	7204.4640	0.7359	1.6139	90
Gasto (m ³ /s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	Re _D	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	h _f	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0006	0.0150	2.0011	1.1197	19659.5058	0.0080	1067.2784	0.1090	1.7059	¼
0.0006	0.0146	1.9715	1.1031	19368.2377	0.0080	1067.2784	0.1090	1.7576	½
0.0006	0.0141	1.9414	1.0863	19072.5221	0.0080	1067.2784	0.1090	1.8125	¾
0.0005	0.0137	1.9108	1.0692	18772.1486	0.0078	1034.9366	0.1057	1.8143	1
0.0005	0.0130	1.8640	1.0430	18312.3527	0.0073	970.2531	0.0991	1.7874	1¼
0.0005	0.0119	1.7833	0.9978	17519.2302	0.0065	873.2278	0.0892	1.7576	1½
0.0005	0.0110	1.7159	0.9602	16857.8871	0.0058	776.2025	0.0793	1.6873	1¾
0.0005	0.0095	1.5913	0.8904	15633.3614	0.0048	646.8354	0.0661	1.6350	2
0.0004	0.0079	1.4560	0.8147	14304.3916	0.0039	517.4683	0.0529	1.5623	2¼
0.0004	0.0066	1.3292	0.7437	13058.0632	0.0034	452.7848	0.0462	1.6404	2½
0.0003	0.0051	1.1638	0.6512	11433.5753	0.0022	291.0759	0.0297	1.3755	2¾
0.0002	0.0029	0.8750	0.4896	8595.8695	0.0015	194.0506	0.0198	1.6224	3
0.0002	0.0024	0.8048	0.4504	7907.0499	0.0012	161.7088	0.0165	1.5978	3¼

Tabla 2 Agua

Gasto (m ³ /s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	Re _D	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	h _f	f	% Operación
0.0006	0.0150	2.0014	1.1199	19662.2261	0.0080	1067.3280	0.1090	1.7055	35
0.0007	0.0200	2.3110	1.2931	22703.9830	0.0100	1334.1600	0.1363	1.5989	40
0.0007	0.0260	2.6350	1.4744	25886.5235	0.0140	1867.8240	0.1908	1.7219	45
0.0008	0.0310	2.8772	1.6099	28266.2309	0.0160	2134.6560	0.2180	1.6505	50
0.0009	0.0380	3.1855	1.7825	31295.2809	0.0200	2668.3200	0.2725	1.6831	55
0.0010	0.0460	3.5048	1.9611	34432.2951	0.0240	3201.9840	0.3271	1.6684	60
0.0011	0.0550	3.8324	2.1444	37650.2964	0.0280	3735.6480	0.3816	1.6280	65
0.0012	0.0650	4.1662	2.3312	40930.1875	0.0320	4269.3120	0.4361	1.5743	70
0.0013	0.0740	4.4453	2.4874	43671.9833	0.0360	4802.9760	0.4906	1.5557	75
0.0013	0.0840	4.7362	2.6501	46529.3192	0.0420	5603.4720	0.5723	1.5989	80
0.0014	0.0960	5.0632	2.8331	49741.9346	0.0480	6403.9680	0.6541	1.5989	85
0.0015	0.1070	5.3454	2.9910	52514.4648	0.0540	7204.4640	0.7359	1.6139	90
Gasto (m ³ /s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	Re _D	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	h _f	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0006	0.015	2.0011	1.1197	19659.5058	0.008	1067.2784	0.109	1.7059	¼
0.0006	0.0146	1.9715	1.1031	19368.2377	0.008	1067.2784	0.109	1.7576	½
0.0006	0.0141	1.9414	1.0863	19072.5221	0.008	1067.2784	0.109	1.8125	¾
0.0005	0.0137	1.9108	1.0692	18772.1486	0.0078	1034.9366	0.1057	1.8143	1
0.0005	0.013	1.864	1.043	18312.3527	0.0073	970.2531	0.0991	1.7874	1¼
0.0005	0.0119	1.7833	0.9978	17519.2302	0.0065	873.2278	0.0892	1.7576	1½
0.0005	0.011	1.7159	0.9602	16857.8871	0.0058	776.2025	0.0793	1.6873	1¾
0.0005	0.0095	1.5913	0.8904	15633.3614	0.0048	646.8354	0.0661	1.635	2
0.0004	0.0079	1.456	0.8147	14304.3916	0.0039	517.4683	0.0529	1.5623	2¼
0.0004	0.0066	1.3292	0.7437	13058.0632	0.0034	452.7848	0.0462	1.6404	2½
0.0003	0.0051	1.1638	0.6512	11433.5753	0.0022	291.0759	0.0297	1.3755	2¾
0.0002	0.0029	0.875	0.4896	8595.8695	0.0015	194.0506	0.0198	1.6224	3
0.0002	0.0024	0.8048	0.4504	7907.0499	0.0012	161.7088	0.0165	1.5978	3¼

Tabla 3 Agua

Tabla 3 Agua									
Gasto (m ³ /s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	Re _D	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	h _f	f	% Operación
0.0006	0.0150	2.0014	1.1199	19662.2261	0.0080	1067.3280	0.1090	1.7055	35
0.0007	0.0200	2.3110	1.2931	22703.9830	0.0100	1334.1600	0.1363	1.5989	40
0.0007	0.0260	2.6350	1.4744	25886.5235	0.0140	1867.8240	0.1908	1.7219	45
0.0008	0.0310	2.8772	1.6099	28266.2309	0.0160	2134.6560	0.2180	1.6505	50
0.0009	0.0380	3.1855	1.7825	31295.2809	0.0200	2668.3200	0.2725	1.6831	55
0.0010	0.0460	3.5048	1.9611	34432.2951	0.0240	3201.9840	0.3271	1.6684	60
0.0011	0.0550	3.8324	2.1444	37650.2964	0.0280	3735.6480	0.3816	1.6280	65
0.0012	0.0650	4.1662	2.3312	40930.1875	0.0320	4269.3120	0.4361	1.5743	70
0.0013	0.0740	4.4453	2.4874	43671.9833	0.0360	4802.9760	0.4906	1.5557	75
0.0013	0.0840	4.7362	2.6501	46529.3192	0.0420	5603.4720	0.5723	1.5989	80
0.0014	0.0960	5.0632	2.8331	49741.9346	0.0480	6403.9680	0.6541	1.5989	85
0.0015	0.1070	5.3454	2.9910	52514.4648	0.0540	7204.4640	0.7359	1.6139	90
Gasto (m ³ /s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	Re _D	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	h _f	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0006	0.015	2.0011	1.1197	19659.5058	0.008	1067.2784	0.109	1.7059	¼
0.0006	0.0146	1.9715	1.1031	19368.2377	0.008	1067.2784	0.109	1.7576	½
0.0006	0.0141	1.9414	1.0863	19072.5221	0.008	1067.2784	0.109	1.8125	¾
0.0005	0.0137	1.9108	1.0692	18772.1486	0.0078	1034.9366	0.1057	1.8143	1
0.0005	0.013	1.864	1.043	18312.3527	0.0073	970.2531	0.0991	1.7874	1¼
0.0005	0.0119	1.7833	0.9978	17519.2302	0.0065	873.2278	0.0892	1.7576	1½
0.0005	0.011	1.7159	0.9602	16857.8871	0.0058	776.2025	0.0793	1.6873	1¾
0.0005	0.0095	1.5913	0.8904	15633.3614	0.0048	646.8354	0.0661	1.635	2
0.0004	0.0079	1.456	0.8147	14304.3916	0.0039	517.4683	0.0529	1.5623	2¼
0.0004	0.0066	1.3292	0.7437	13058.0632	0.0034	452.7848	0.0462	1.6404	2½
0.0003	0.0051	1.1638	0.6512	11433.5753	0.0022	291.0759	0.0297	1.3755	2¾
0.0002	0.0029	0.875	0.4896	8595.8695	0.0015	194.0506	0.0198	1.6224	3
0.0002	0.0024	0.8048	0.4504	7907.0499	0.0012	161.7088	0.0165	1.5978	3¼

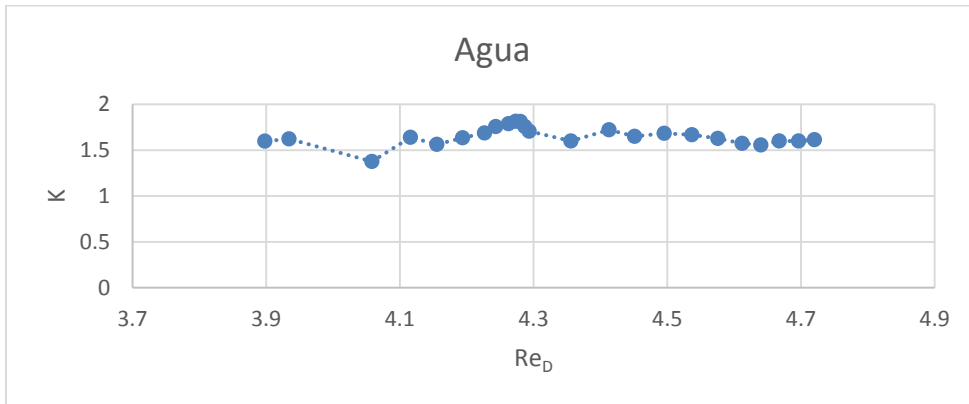


Figura 30 Grafica del factor de fricción en función (k) del número de Reynolds (Re_D) para la Tabla 1 Agua

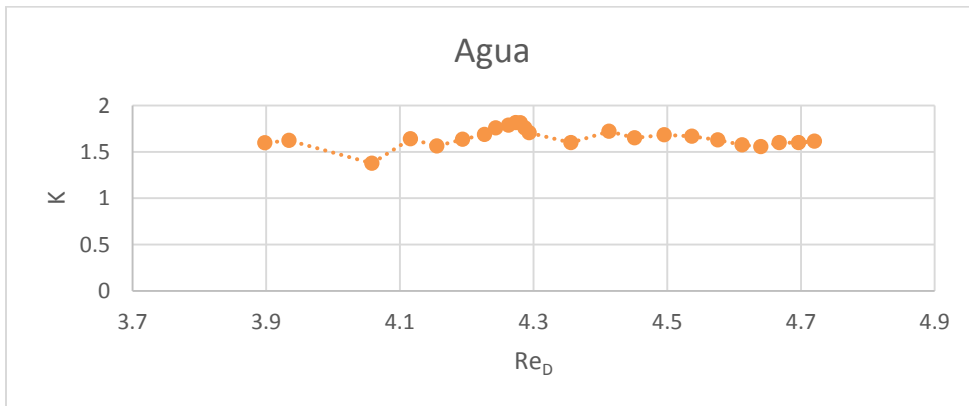


Figura 31 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds (Re_D) para la Tabla 2 Agua

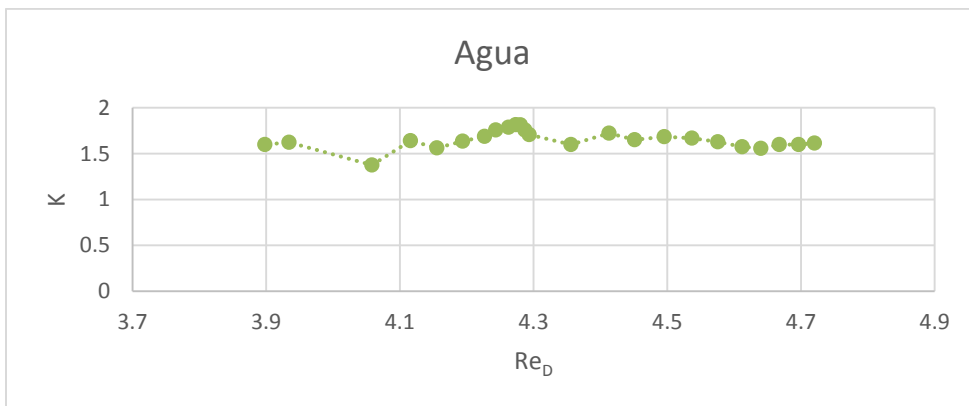


Figura 32 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds (Re_D) para la Tabla 3 Agua

Tabla 1 n=0.90%									
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0006	0.0150	2.0014	1.1199	7543.8208	0.0080	1067.3280	0.1090	1.7055	35
0.0006	0.0190	2.2525	1.2604	8591.2360	0.0100	1334.1600	0.1363	1.6831	40
0.0007	0.0260	2.6350	1.4744	10208.8427	0.0140	1867.8240	0.1908	1.7219	45
0.0008	0.0310	2.8772	1.6099	11245.7934	0.0170	2268.0720	0.2317	1.7536	50
0.0009	0.0400	3.2683	1.8288	12938.2091	0.0220	2935.1520	0.2998	1.7588	55
0.0010	0.0470	3.5427	1.9823	14138.2283	0.0260	3468.8160	0.3543	1.7690	60
0.0011	0.0560	3.8671	2.1638	15568.4216	0.0310	4135.8960	0.4224	1.7702	65
0.0012	0.0650	4.1662	2.3312	16898.3194	0.0350	4669.5600	0.4770	1.7219	70
0.0013	0.0750	4.4753	2.5041	18282.0488	0.0410	5470.0560	0.5587	1.7481	75
0.0014	0.0860	4.7922	2.6815	19711.3023	0.0480	6403.9680	0.6541	1.7848	80
0.0015	0.0980	5.1156	2.8625	21179.4906	0.0540	7204.4640	0.7359	1.7621	85
0.0015	0.1090	5.3951	3.0188	22455.6558	0.0620	8271.7920	0.8449	1.8189	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0006	0.0150	2.0011	1.1197	7542.6727	0.0080	1067.0915	0.1090	1.7056	¼
0.0006	0.0146	1.9715	1.1031	7419.8398	0.0080	1067.0915	0.1090	1.7573	½
0.0006	0.0141	1.9414	1.0863	7295.3200	0.0075	1006.1149	0.1028	1.7086	¾
0.0005	0.0137	1.9108	1.0692	7169.0365	0.0071	945.1382	0.0965	1.6569	1
0.0005	0.0130	1.8640	1.0430	6976.1204	0.0066	884.1616	0.0903	1.6288	1¼
0.0005	0.0119	1.7833	0.9978	6644.4942	0.0062	823.1849	0.0841	1.6569	1½
0.0005	0.0110	1.7159	0.9602	6369.1117	0.0057	762.2082	0.0779	1.6569	1¾
0.0005	0.0095	1.5913	0.8904	5862.0972	0.0050	670.7432	0.0685	1.6954	2
0.0004	0.0079	1.4560	0.8147	5316.3276	0.0043	579.2783	0.0592	1.7489	2¼
0.0004	0.0066	1.3292	0.7437	4809.0806	0.0034	457.3249	0.0467	1.6569	2½
0.0003	0.0051	1.1638	0.6512	4155.2358	0.0027	365.8600	0.0374	1.7289	2¾
0.0002	0.0029	0.8750	0.4896	3036.0870	0.0018	243.9066	0.0249	2.0392	3
0.0002	0.0024	0.8048	0.4504	2769.5636	0.0011	152.4416	0.0156	1.5062	3¼

Tabla 2 n=0.90%

Tabla 2 n=0.90%									
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0006	0.0150	2.0014	1.1199	6639.0945	0.0080	1067.3280	0.1090	1.7055	35
0.0006	0.0190	2.2525	1.2604	7560.8938	0.0100	1334.1600	0.1363	1.6831	40
0.0007	0.0260	2.6350	1.4744	8984.5017	0.0130	1734.4080	0.1772	1.5989	45
0.0008	0.0310	2.8772	1.6099	9897.0915	0.0170	2268.0720	0.2317	1.7536	50
0.0009	0.0400	3.2683	1.8288	11386.5367	0.0220	2935.1520	0.2998	1.7588	55
0.0010	0.0470	3.5427	1.9823	12442.6383	0.0260	3468.8160	0.3543	1.7690	60
0.0011	0.0560	3.8671	2.1638	13701.3093	0.0300	4002.4800	0.4088	1.7131	65
0.0012	0.0650	4.1662	2.3312	14871.7132	0.0350	4669.5600	0.4770	1.7219	70
0.0013	0.0750	4.4753	2.5041	16089.4927	0.0400	5336.6400	0.5451	1.7055	75
0.0014	0.0860	4.7922	2.6815	17347.3365	0.0460	6137.1360	0.6269	1.7105	80
0.0015	0.0980	5.1156	2.8625	18639.4459	0.0530	7071.0480	0.7222	1.7294	85
0.0015	0.1090	5.3951	3.0188	19762.5613	0.0590	7871.5440	0.8040	1.7309	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0006	0.0150	2.0011	1.1197	6638.0841	0.0080	1067.0915	0.1090	1.7056	¼
0.0006	0.0146	1.9715	1.1031	6529.9824	0.0080	1067.0915	0.1090	1.7573	½
0.0006	0.0141	1.9414	1.0863	6420.3963	0.0075	1006.1149	0.1028	1.7086	¾
0.0005	0.0137	1.9108	1.0692	6309.2579	0.0071	945.1382	0.0965	1.6569	1
0.0005	0.0130	1.8640	1.0430	6139.4781	0.0066	884.1616	0.0903	1.6288	1¼
0.0005	0.0119	1.7833	0.9978	5847.6237	0.0062	823.1849	0.0841	1.6569	1½
0.0005	0.0110	1.7159	0.9602	5605.2676	0.0057	762.2082	0.0779	1.6569	1¾
0.0005	0.0095	1.5913	0.8904	5159.0591	0.0050	670.7432	0.0685	1.6954	2
0.0004	0.0079	1.4560	0.8147	4678.7434	0.0043	579.2783	0.0592	1.7489	2¼
0.0004	0.0066	1.3292	0.7437	4232.3302	0.0034	457.3249	0.0467	1.6569	2½
0.0003	0.0051	1.1638	0.6512	3656.9006	0.0027	365.8600	0.0374	1.7289	2¾
0.0002	0.0029	0.8750	0.4896	2671.9707	0.0018	243.9066	0.0249	2.0392	3
0.0002	0.0024	0.8048	0.4504	2437.4113	0.0011	152.4416	0.0156	1.5062	3¼

Tabla 3 n=0.90%

Tabla 3 n=0.90%									
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0006	0.0150	2.0014	1.1199	6639.0945	0.0080	1067.3280	0.1090	1.7055	35
0.0006	0.0190	2.2525	1.2604	7560.8938	0.0100	1334.1600	0.1363	1.6831	40
0.0007	0.0260	2.6350	1.4744	8984.5017	0.0140	1867.8240	0.1908	1.7219	45
0.0008	0.0310	2.8772	1.6099	9897.0915	0.0170	2268.0720	0.2317	1.7536	50
0.0009	0.0400	3.2683	1.8288	11386.5367	0.0220	2935.1520	0.2998	1.7588	55
0.0010	0.0470	3.5427	1.9823	12442.6383	0.0260	3468.8160	0.3543	1.7690	60
0.0011	0.0560	3.8671	2.1638	13701.3093	0.0310	4135.8960	0.4224	1.7702	65
0.0012	0.0650	4.1662	2.3312	14871.7132	0.0350	4669.5600	0.4770	1.7219	70
0.0013	0.0750	4.4753	2.5041	16089.4927	0.0410	5470.0560	0.5587	1.7481	75
0.0014	0.0860	4.7922	2.6815	17347.3365	0.0480	6403.9680	0.6541	1.7848	80
0.0015	0.0980	5.1156	2.8625	18639.4459	0.0540	7204.4640	0.7359	1.7621	85
0.0015	0.1090	5.3951	3.0188	19762.5613	0.0620	8271.7920	0.8449	1.8189	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0006	0.0150	2.0011	1.1197	6638.0841	0.0080	1067.0915	0.1090	1.7056	¼
0.0006	0.0146	1.9715	1.1031	6529.9824	0.0080	1067.0915	0.1090	1.7573	½
0.0006	0.0141	1.9414	1.0863	6420.3963	0.0075	1006.1149	0.1028	1.7086	¾
0.0005	0.0137	1.9108	1.0692	6309.2579	0.0071	945.1382	0.0965	1.6569	1
0.0005	0.0130	1.8640	1.0430	6139.4781	0.0066	884.1616	0.0903	1.6288	1¼
0.0005	0.0119	1.7833	0.9978	5847.6237	0.0062	823.1849	0.0841	1.6569	1½
0.0005	0.0110	1.7159	0.9602	5605.2676	0.0057	762.2082	0.0779	1.6569	1¾
0.0005	0.0095	1.5913	0.8904	5159.0591	0.0050	670.7432	0.0685	1.6954	2
0.0004	0.0079	1.4560	0.8147	4678.7434	0.0043	579.2783	0.0592	1.7489	2¼
0.0004	0.0066	1.3292	0.7437	4232.3302	0.0034	457.3249	0.0467	1.6569	2½
0.0003	0.0051	1.1638	0.6512	3656.9006	0.0027	365.8600	0.0374	1.7289	2¾
0.0002	0.0029	0.8750	0.4896	2671.9707	0.0018	243.9066	0.0249	2.0392	3
0.0002	0.0024	0.8048	0.4504	2437.4113	0.0011	152.4416	0.0156	1.5062	3¼

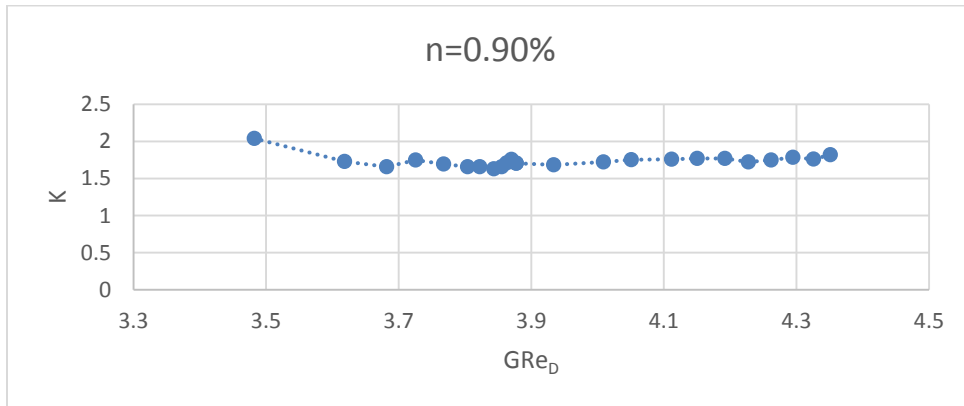


Figura 33 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 1 $n=0.90\%$

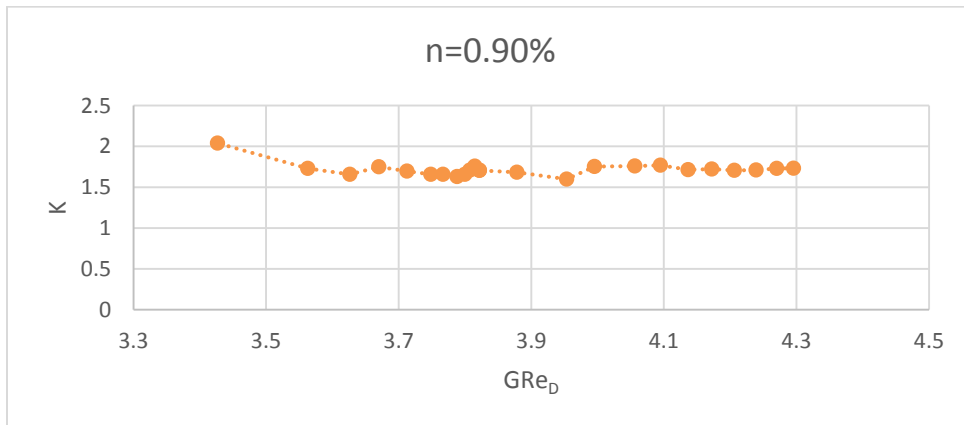


Figura 34 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 2 $n=0.90\%$

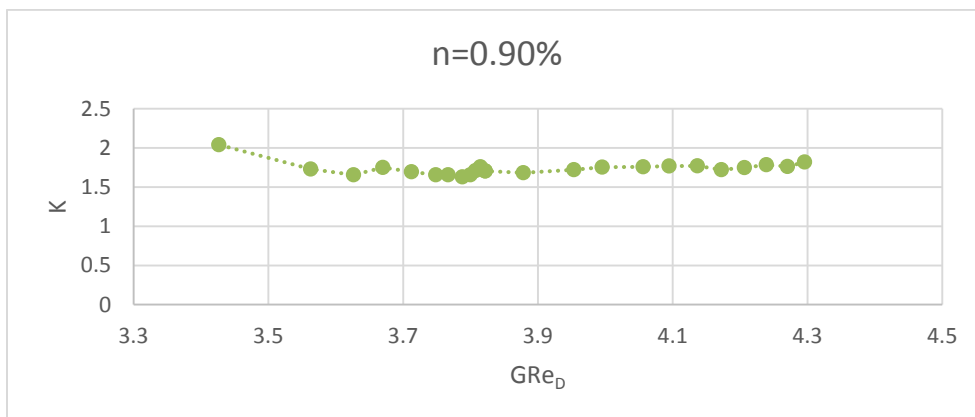


Figura 33 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 3 $n=0.90\%$

Tabla 1 n=0.75%									
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0005	0.0110	1.7139	0.9590	2169.1163	0.0040	533.6640	0.0545	1.1628	35
0.0006	0.0150	2.0014	1.1199	2633.1127	0.0060	800.4960	0.0818	1.2791	40
0.0007	0.0230	2.4783	1.3867	3439.4762	0.0100	1334.1600	0.1363	1.3904	45
0.0008	0.0310	2.8772	1.6099	4144.8943	0.0130	1734.4080	0.1772	1.3410	50
0.0009	0.0390	3.2272	1.8058	4784.4033	0.0170	2268.0720	0.2317	1.3939	55
0.0010	0.0470	3.5427	1.9823	5376.1771	0.0220	2935.1520	0.2998	1.4969	60
0.0011	0.0570	3.9014	2.1831	6065.0473	0.0260	3468.8160	0.3543	1.4587	65
0.0012	0.0680	4.2613	2.3844	6772.2109	0.0310	4135.8960	0.4224	1.4578	70
0.0013	0.0780	4.5639	2.5537	7378.5586	0.0360	4802.9760	0.4906	1.4759	75
0.0014	0.0890	4.8751	2.7279	8012.7420	0.0410	5470.0560	0.5587	1.4732	80
0.0015	0.1040	5.2699	2.9488	8831.9834	0.0470	6270.5520	0.6405	1.4452	85
0.0016	0.1190	5.6372	3.1543	9607.9173	0.0530	7071.0480	0.7222	1.4242	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0005	0.0110	1.7139	0.9590	2169.1163	0.0040	533.6640	0.0545	1.1628	¼
0.0005	0.0108	1.6967	0.9494	2141.8997	0.0040	533.6640	0.0545	1.1866	½
0.0005	0.0106	1.6793	0.9396	2114.4740	0.0039	515.8752	0.0527	1.1709	¾
0.0005	0.0103	1.6617	0.9298	2086.8332	0.0037	498.0864	0.0509	1.1546	1
0.0005	0.0097	1.6078	0.8996	2002.5552	0.0036	480.2976	0.0491	1.1893	1¼
0.0004	0.0089	1.5425	0.8631	1901.4546	0.0035	462.5088	0.0472	1.2442	1½
0.0004	0.0083	1.4843	0.8305	1812.1583	0.0031	409.1424	0.0418	1.1887	1¾
0.0004	0.0074	1.4029	0.7850	1688.8053	0.0028	373.5648	0.0382	1.2149	2
0.0004	0.0063	1.2940	0.7240	1526.5274	0.0024	320.1984	0.0327	1.2240	2¼
0.0003	0.0052	1.1750	0.6575	1353.1439	0.0020	266.8320	0.0273	1.2371	2½
0.0003	0.0043	1.0703	0.5989	1204.1989	0.0017	231.2544	0.0236	1.2920	2¾
0.0003	0.0031	0.9069	0.5075	978.9412	0.0012	160.0992	0.0164	1.2459	3
0.0002	0.0021	0.7471	0.4180	768.2522	0.0007	88.9440	0.0091	1.0200	3¼

Tabla 2 n=0.75%

Tabla 2 n=0.75%									
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0005	0.0120	1.7901	1.0017	2290.3438	0.0050	667.0800	0.0681	1.3324	35
0.0006	0.0170	2.1306	1.1922	2847.3639	0.0070	933.9120	0.0954	1.3167	40
0.0007	0.0230	2.4783	1.3867	3439.4762	0.0100	1334.1600	0.1363	1.3904	45
0.0008	0.0310	2.8772	1.6099	4144.8943	0.0140	1867.8240	0.1908	1.4442	50
0.0009	0.0380	3.1855	1.7825	4707.3572	0.0180	2401.4880	0.2453	1.5148	55
0.0010	0.0460	3.5048	1.9611	5304.3974	0.0220	2935.1520	0.2998	1.5294	60
0.0011	0.0560	3.8671	2.1638	5998.3240	0.0260	3468.8160	0.3543	1.4847	65
0.0012	0.0670	4.2298	2.3668	6709.7935	0.0320	4269.3120	0.4361	1.5273	70
0.0013	0.0790	4.5930	2.5700	7437.5404	0.0360	4802.9760	0.4906	1.4572	75
0.0014	0.0900	4.9024	2.7431	8068.8933	0.0420	5603.4720	0.5723	1.4923	80
0.0015	0.1030	5.2445	2.9346	8778.8104	0.0480	6403.9680	0.6541	1.4902	85
0.0016	0.1180	5.6134	3.1410	9557.3757	0.0540	7204.4640	0.7359	1.4634	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0005	0.0120	1.7901	1.0017	2290.3438	0.0050	667.0800	0.0681	1.3324	¼
0.0005	0.0118	1.7721	0.9916	2261.6062	0.0050	667.0800	0.0681	1.3596	½
0.0005	0.0115	1.7539	0.9814	2232.6477	0.0048	644.8440	0.0659	1.3417	¾
0.0005	0.0113	1.7356	0.9711	2203.4621	0.0047	622.6080	0.0636	1.3230	1
0.0005	0.0106	1.6793	0.9396	2114.4740	0.0045	600.3720	0.0613	1.3627	1¼
0.0005	0.0097	1.6111	0.9015	2007.7231	0.0043	578.1360	0.0591	1.4256	1½
0.0004	0.0090	1.5503	0.8675	1913.4361	0.0038	511.4280	0.0522	1.3620	1¾
0.0004	0.0080	1.4653	0.8199	1783.1892	0.0035	466.9560	0.0477	1.3921	2
0.0004	0.0068	1.3515	0.7562	1611.8420	0.0030	400.2480	0.0409	1.4026	2¼
0.0003	0.0056	1.2272	0.6867	1428.7684	0.0025	333.5400	0.0341	1.4175	2½
0.0003	0.0047	1.1179	0.6255	1271.4991	0.0022	289.0680	0.0295	1.4805	2¾
0.0003	0.0034	0.9472	0.5300	1033.6522	0.0015	200.1240	0.0204	1.4276	3
0.0002	0.0023	0.7803	0.4366	811.1883	0.0008	111.1800	0.0114	1.1688	3¼

Tabla 3 n=0.75%

Tabla 3 n=0.75%									
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0005	0.0120	1.7901	1.0017	2290.3438	0.0050	667.0800	0.0681	1.3324	35
0.0006	0.0170	2.1306	1.1922	2847.3639	0.0070	933.9120	0.0954	1.3167	40
0.0007	0.0230	2.4783	1.3867	3439.4762	0.0100	1334.1600	0.1363	1.3904	45
0.0008	0.0310	2.8772	1.6099	4144.8943	0.0140	1867.8240	0.1908	1.4442	50
0.0009	0.0380	3.1855	1.7825	4707.3572	0.0180	2401.4880	0.2453	1.5148	55
0.0010	0.0460	3.5048	1.9611	5304.3974	0.0220	2935.1520	0.2998	1.5294	60
0.0011	0.0560	3.8671	2.1638	5998.3240	0.0260	3468.8160	0.3543	1.4847	65
0.0012	0.0670	4.2298	2.3668	6709.7935	0.0320	4269.3120	0.4361	1.5273	70
0.0013	0.0790	4.5930	2.5700	7437.5404	0.0360	4802.9760	0.4906	1.4572	75
0.0014	0.0900	4.9024	2.7431	8068.8933	0.0420	5603.4720	0.5723	1.4923	80
0.0015	0.1030	5.2445	2.9346	8778.8104	0.0480	6403.9680	0.6541	1.4902	85
0.0016	0.1180	5.6134	3.1410	9557.3757	0.0540	7204.4640	0.7359	1.4634	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0005	0.0120	1.7901	1.0017	2290.3438	0.0050	667.0800	0.0681	1.3324	¼
0.0005	0.0118	1.7721	0.9916	2261.6062	0.0050	667.0800	0.0681	1.3596	½
0.0005	0.0115	1.7539	0.9814	2232.6477	0.0048	644.8440	0.0659	1.3417	¾
0.0005	0.0113	1.7356	0.9711	2203.4621	0.0047	622.6080	0.0636	1.3230	1
0.0005	0.0106	1.6793	0.9396	2114.4740	0.0045	600.3720	0.0613	1.3627	1¼
0.0005	0.0097	1.6111	0.9015	2007.7231	0.0043	578.1360	0.0591	1.4256	1½
0.0004	0.0090	1.5503	0.8675	1913.4361	0.0038	511.4280	0.0522	1.3620	1¾
0.0004	0.0080	1.4653	0.8199	1783.1892	0.0035	466.9560	0.0477	1.3921	2
0.0004	0.0068	1.3515	0.7562	1611.8420	0.0030	400.2480	0.0409	1.4026	2¼
0.0003	0.0056	1.2272	0.6867	1428.7684	0.0025	333.5400	0.0341	1.4175	2½
0.0003	0.0047	1.1179	0.6255	1271.4991	0.0022	289.0680	0.0295	1.4805	2¾
0.0003	0.0034	0.9472	0.5300	1033.6522	0.0015	200.1240	0.0204	1.4276	3
0.0002	0.0023	0.7803	0.4366	811.1883	0.0008	111.1800	0.0114	1.1688	3¼

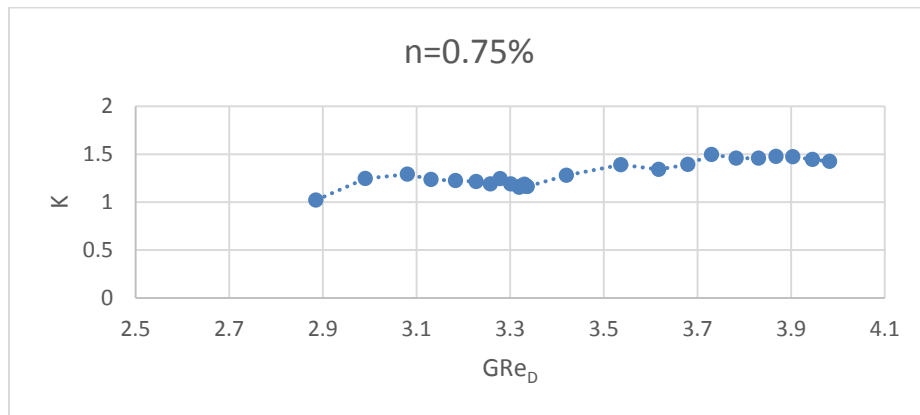


Figura 34 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 1 $n=0.75\%$

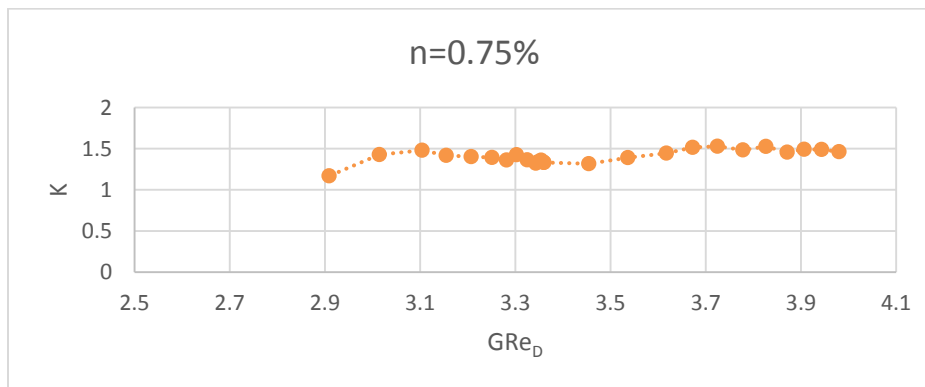


Figura 35 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 2 $n=0.75\%$

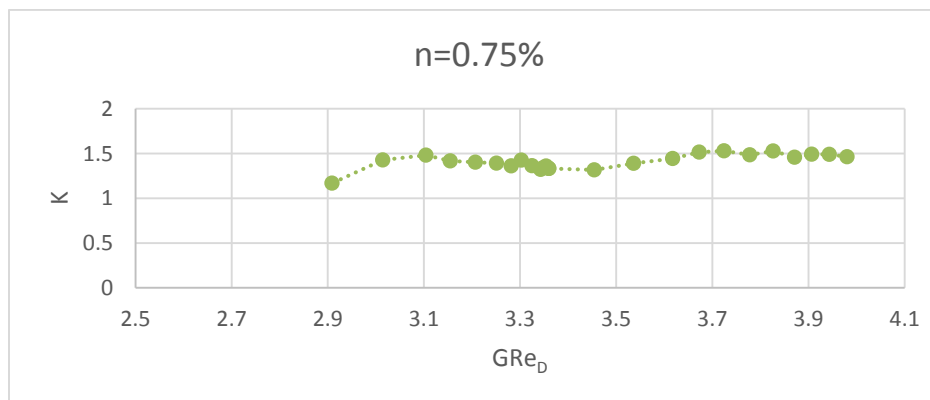


Figura 36 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 3 $n=0.75\%$

Tabla 1 n=0.64%									
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	796.3009	0.0070	933.9120	0.0954	2.5436	35
0.0005	0.0140	1.8139	1.0149	1001.0235	0.0080	1067.3280	0.1090	2.0764	40
0.0006	0.0200	2.1680	1.2131	1275.7854	0.0100	1334.1600	0.1363	1.8169	45
0.0007	0.0270	2.5189	1.4095	1564.6045	0.0120	1600.9920	0.1635	1.6150	50
0.0008	0.0340	2.8267	1.5817	1830.1340	0.0150	2001.2400	0.2044	1.6031	55
0.0009	0.0420	3.1417	1.7579	2112.9379	0.0180	2401.4880	0.2453	1.5573	60
0.0010	0.0520	3.4957	1.9560	2443.2026	0.0240	3201.9840	0.3271	1.6771	65
0.0011	0.0620	3.8171	2.1359	2753.6172	0.0300	4002.4800	0.4088	1.7583	70
0.0012	0.0730	4.1419	2.3176	3077.0656	0.0350	4669.5600	0.4770	1.7422	75
0.0013	0.0840	4.4430	2.4861	3385.2218	0.0430	5736.8880	0.5860	1.8601	80
0.0014	0.0970	4.7744	2.6715	3733.2063	0.0490	6537.3840	0.6677	1.8356	85
0.0014	0.1110	5.1074	2.8578	4091.6346	0.0550	7337.8800	0.7495	1.8005	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0004	0.0100	1.5324	0.8574	795.8706	0.0070	933.0075	0.0953	2.5432	¼
0.0004	0.0100	1.5324	0.8574	795.8706	0.0070	933.0075	0.0953	2.5432	½
0.0004	0.0097	1.5126	0.8464	781.9363	0.0067	895.6872	0.0915	2.5057	¾
0.0004	0.0092	1.4723	0.8238	753.7099	0.0064	858.3669	0.0877	2.5347	1
0.0004	0.0086	1.4202	0.7947	717.7100	0.0062	821.0466	0.0839	2.6054	1¼
0.0004	0.0081	1.3772	0.7706	688.2872	0.0059	783.7263	0.0801	2.6449	1½
0.0004	0.0074	1.3214	0.7394	650.6526	0.0056	746.4060	0.0762	2.7361	1¾
0.0004	0.0067	1.2512	0.7001	604.0882	0.0049	653.1052	0.0667	2.6703	2
0.0003	0.0056	1.1509	0.6440	539.2199	0.0043	578.4646	0.0591	2.7952	2¼
0.0003	0.0047	1.0554	0.5906	479.2866	0.0038	503.8240	0.0515	2.8951	2½
0.0003	0.0038	0.9503	0.5318	415.5857	0.0031	410.5233	0.0419	2.9094	2¾
0.0002	0.0027	0.7951	0.4449	326.0823	0.0024	317.2225	0.0324	3.2117	3
0.0002	0.0018	0.6492	0.3633	247.5057	0.0015	205.2616	0.0210	3.1172	3¼

Tabla 2 n=0.64%

Tabla 2 n=0.64%									
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	796.3009	0.0070	933.9120	0.0954	2.5436	35
0.0005	0.0140	1.8139	1.0149	1001.0235	0.0090	1200.7440	0.1226	2.3360	40
0.0006	0.0200	2.1680	1.2131	1275.7854	0.0110	1467.5760	0.1499	1.9986	45
0.0007	0.0270	2.5189	1.4095	1564.6045	0.0130	1734.4080	0.1772	1.7496	50
0.0008	0.0340	2.8267	1.5817	1830.1340	0.0160	2134.6560	0.2180	1.7100	55
0.0009	0.0420	3.1417	1.7579	2112.9379	0.0190	2534.9040	0.2589	1.6438	60
0.0010	0.0520	3.4957	1.9560	2443.2026	0.0240	3201.9840	0.3271	1.6771	65
0.0011	0.0620	3.8171	2.1359	2753.6172	0.0300	4002.4800	0.4088	1.7583	70
0.0012	0.0730	4.1419	2.3176	3077.0656	0.0350	4669.5600	0.4770	1.7422	75
0.0013	0.0840	4.4430	2.4861	3385.2218	0.0430	5736.8880	0.5860	1.8601	80
0.0014	0.0970	4.7744	2.6715	3733.2063	0.0500	6670.8000	0.6814	1.8731	85
0.0014	0.1110	5.1074	2.8578	4091.6346	0.0550	7337.8800	0.7495	1.8005	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0004	0.0100	1.5324	0.8574	795.8706	0.0070	933.0075	0.0953	2.5432	¼
0.0004	0.0100	1.5324	0.8574	795.8706	0.0070	933.0075	0.0953	2.5432	½
0.0004	0.0097	1.5126	0.8464	781.9363	0.0067	895.6872	0.0915	2.5057	¾
0.0004	0.0092	1.4723	0.8238	753.7099	0.0064	858.3669	0.0877	2.5347	1
0.0004	0.0086	1.4202	0.7947	717.7100	0.0062	821.0466	0.0839	2.6054	1¼
0.0004	0.0081	1.3772	0.7706	688.2872	0.0059	783.7263	0.0801	2.6449	1½
0.0004	0.0074	1.3214	0.7394	650.6526	0.0056	746.4060	0.0762	2.7361	1¾
0.0004	0.0067	1.2512	0.7001	604.0882	0.0049	653.1052	0.0667	2.6703	2
0.0003	0.0056	1.1509	0.6440	539.2199	0.0043	578.4646	0.0591	2.7952	2¼
0.0003	0.0047	1.0554	0.5906	479.2866	0.0038	503.8240	0.0515	2.8951	2½
0.0003	0.0038	0.9503	0.5318	415.5857	0.0031	410.5233	0.0419	2.9094	2¾
0.0002	0.0027	0.7951	0.4449	326.0823	0.0024	317.2225	0.0324	3.2117	3
0.0002	0.0018	0.6492	0.3633	247.5057	0.0015	205.2616	0.0210	3.1172	3¼

Tabla 3 n=0.64%

Tabla 3 n=0.64%									
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	796.3009	0.0070	933.9120	0.0954	2.5436	35
0.0005	0.0140	1.8139	1.0149	1001.0235	0.0090	1200.7440	0.1226	2.3360	40
0.0006	0.0200	2.1680	1.2131	1275.7854	0.0100	1334.1600	0.1363	1.8169	45
0.0007	0.0270	2.5189	1.4095	1564.6045	0.0120	1600.9920	0.1635	1.6150	50
0.0008	0.0340	2.8267	1.5817	1830.1340	0.0150	2001.2400	0.2044	1.6031	55
0.0009	0.0420	3.1417	1.7579	2112.9379	0.0180	2401.4880	0.2453	1.5573	60
0.0010	0.0520	3.4957	1.9560	2443.2026	0.0240	3201.9840	0.3271	1.6771	65
0.0011	0.0620	3.8171	2.1359	2753.6172	0.0300	4002.4800	0.4088	1.7583	70
0.0012	0.0730	4.1419	2.3176	3077.0656	0.0350	4669.5600	0.4770	1.7422	75
0.0013	0.0840	4.4430	2.4861	3385.2218	0.0420	5603.4720	0.5723	1.8169	80
0.0014	0.0970	4.7744	2.6715	3733.2063	0.0470	6270.5520	0.6405	1.7607	85
0.0014	0.1110	5.1074	2.8578	4091.6346	0.0550	7337.8800	0.7495	1.8005	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0004	0.0100	1.5324	0.8574	795.8706	0.0070	933.0075	0.0953	2.5432	¼
0.0004	0.0100	1.5324	0.8574	795.8706	0.0070	933.0075	0.0953	2.5432	½
0.0004	0.0097	1.5126	0.8464	781.9363	0.0067	895.6872	0.0915	2.5057	¾
0.0004	0.0092	1.4723	0.8238	753.7099	0.0064	858.3669	0.0877	2.5347	1
0.0004	0.0086	1.4202	0.7947	717.7100	0.0062	821.0466	0.0839	2.6054	1¼
0.0004	0.0081	1.3772	0.7706	688.2872	0.0059	783.7263	0.0801	2.6449	1½
0.0004	0.0074	1.3214	0.7394	650.6526	0.0056	746.4060	0.0762	2.7361	1¾
0.0004	0.0067	1.2512	0.7001	604.0882	0.0049	653.1052	0.0667	2.6703	2
0.0003	0.0056	1.1509	0.6440	539.2199	0.0043	578.4646	0.0591	2.7952	2¼
0.0003	0.0047	1.0554	0.5906	479.2866	0.0038	503.8240	0.0515	2.8951	2½
0.0003	0.0038	0.9503	0.5318	415.5857	0.0031	410.5233	0.0419	2.9094	2¾
0.0002	0.0027	0.7951	0.4449	326.0823	0.0024	317.2225	0.0324	3.2117	3
0.0002	0.0018	0.6492	0.3633	247.5057	0.0015	205.2616	0.0210	3.1172	3¼

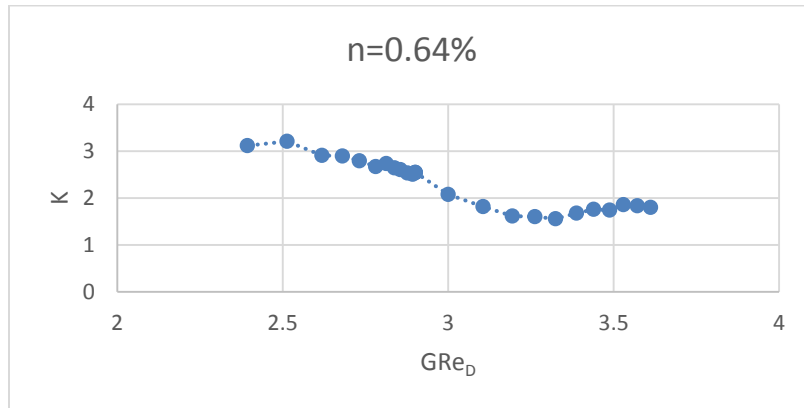


Figura 37 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 1 $n=0.64\%$

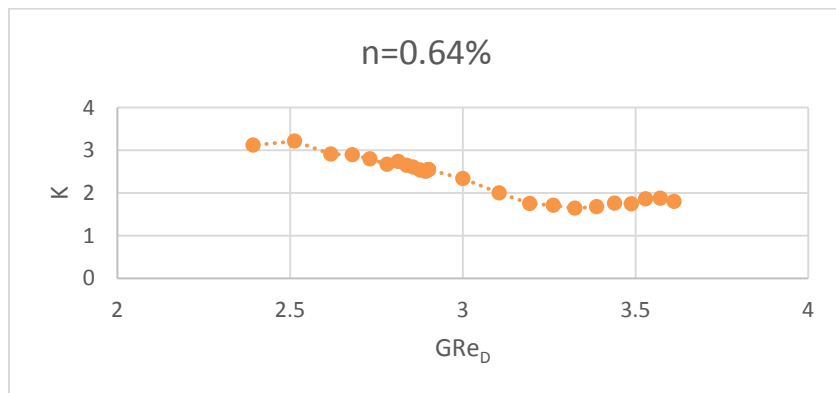


Figura 40 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 2 $n=0.64\%$

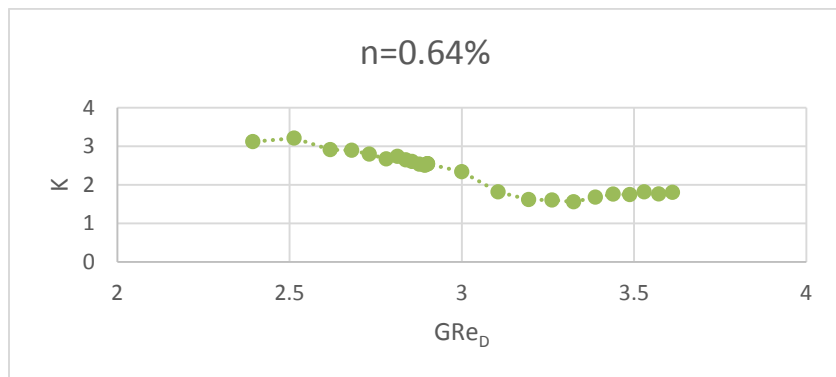


Figura 41 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 3 $n=0.64\%$

Tabla 1 n=0.56%									
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	% Operación
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	516.8162	0.0060	800.4960	0.0818	2.1802	35
0.0005	0.0150	1.8775	1.0506	692.0251	0.0070	933.9120	0.0954	1.6957	40
0.0006	0.0200	2.1680	1.2131	851.2904	0.0080	1067.3280	0.1090	1.4535	45
0.0007	0.0260	2.4719	1.3831	1028.2931	0.0110	1467.5760	0.1499	1.5373	50
0.0008	0.0340	2.8267	1.5817	1247.3862	0.0140	1867.8240	0.1908	1.4962	55
0.0009	0.0420	3.1417	1.7579	1452.3645	0.0170	2268.0720	0.2317	1.4708	60
0.0010	0.0510	3.4620	1.9371	1670.2699	0.0210	2801.7360	0.2862	1.4962	65
0.0011	0.0610	3.7862	2.1186	1900.0875	0.0270	3602.2320	0.3679	1.6084	70
0.0012	0.0720	4.1134	2.3017	2140.9944	0.0310	4135.8960	0.4224	1.5645	75
0.0013	0.0840	4.4430	2.4861	2392.3086	0.0370	4936.3920	0.5042	1.6006	80
0.0014	0.0970	4.7744	2.6715	2653.4553	0.0420	5603.4720	0.5723	1.5734	85
0.0014	0.1100	5.0843	2.8449	2904.9513	0.0490	6537.3840	0.6677	1.6187	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	516.8162	0.0060	800.4960	0.0818	2.1802	¼
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	516.8162	0.0060	800.4960	0.0818	2.1802	½
0.0004	0.0099	1.5234	0.8524	512.1567	0.0060	800.4960	0.0818	2.2078	¾
0.0004	0.0096	1.5040	0.8415	502.7877	0.0057	766.4323	0.0783	2.1688	1
0.0004	0.0091	1.4644	0.8194	483.8423	0.0057	766.4323	0.0783	2.2876	1¼
0.0004	0.0086	1.4237	0.7966	464.6037	0.0055	732.3687	0.0748	2.3127	1½
0.0004	0.0079	1.3604	0.7612	435.1475	0.0051	681.2732	0.0696	2.3562	1¾
0.0004	0.0071	1.2940	0.7241	404.8939	0.0049	647.2095	0.0661	2.4740	2
0.0003	0.0061	1.1997	0.6713	363.1220	0.0043	579.0822	0.0591	2.5750	2¼
0.0003	0.0053	1.1108	0.6215	324.9757	0.0037	493.9231	0.0504	2.5624	2½
0.0003	0.0041	0.9846	0.5509	273.1753	0.0031	408.7639	0.0418	2.6989	2¾
0.0002	0.0031	0.8570	0.4795	223.6805	0.0023	306.5729	0.0313	2.6720	3
0.0002	0.0021	0.7067	0.3954	169.4473	0.0015	204.3820	0.0209	2.6196	3¼

Tabla 2 n=0.56%

Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	% Operación
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	516.8162	0.0060	800.4960	0.0818	2.1802	35
0.0005	0.0150	1.8775	1.0506	692.0251	0.0070	933.9120	0.0954	1.6957	40
0.0006	0.0200	2.1680	1.2131	851.2904	0.0080	1067.3280	0.1090	1.4535	45
0.0007	0.0260	2.4719	1.3831	1028.2931	0.0100	1334.1600	0.1363	1.3976	50
0.0008	0.0340	2.8267	1.5817	1247.3862	0.0140	1867.8240	0.1908	1.4962	55
0.0009	0.0420	3.1417	1.7579	1452.3645	0.0180	2401.4880	0.2453	1.5573	60
0.0010	0.0510	3.4620	1.9371	1670.2699	0.0220	2935.1520	0.2998	1.5675	65
0.0011	0.0610	3.7862	2.1186	1900.0875	0.0270	3602.2320	0.3679	1.6084	70
0.0012	0.0720	4.1134	2.3017	2140.9944	0.0320	4269.3120	0.4361	1.6150	75
0.0013	0.0840	4.4430	2.4861	2392.3086	0.0380	5069.8080	0.5178	1.6438	80
0.0014	0.0970	4.7744	2.6715	2653.4553	0.0420	5603.4720	0.5723	1.5734	85
0.0014	0.1100	5.0843	2.8449	2904.9513	0.0490	6537.3840	0.6677	1.6187	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	15060.4388	0.0060	800.4960	0.0818	2.1802	¼
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	15060.4388	0.0060	800.4960	0.0818	2.1802	½
0.0004	0.0099	1.5234	0.8524	14966.0151	0.0060	800.4960	0.0818	2.2078	¾
0.0004	0.0096	1.5040	0.8415	14775.3574	0.0057	766.4323	0.0783	2.1688	1
0.0004	0.0091	1.4644	0.8194	14386.4640	0.0057	766.4323	0.0783	2.2876	1¼
0.0004	0.0086	1.4237	0.7966	13986.7618	0.0055	732.3687	0.0748	2.3127	1½
0.0004	0.0079	1.3604	0.7612	13364.8136	0.0051	681.2732	0.0696	2.3562	1¾
0.0004	0.0071	1.2940	0.7241	12712.4735	0.0049	647.2095	0.0661	2.4740	2
0.0003	0.0061	1.1997	0.6713	11786.6577	0.0043	579.0822	0.0591	2.5750	2¼
0.0003	0.0053	1.1108	0.6215	10912.3246	0.0037	493.9231	0.0504	2.5624	2½
0.0003	0.0041	0.9846	0.5509	9672.7420	0.0031	408.7639	0.0418	2.6989	2¾
0.0002	0.0031	0.8570	0.4795	8419.0412	0.0023	306.5729	0.0313	2.6720	3
0.0002	0.0021	0.7067	0.3954	6942.5193	0.0015	204.3820	0.0209	2.6196	3¼

Tabla 3 n=0.56%

Tabla 3 n=0.56%									
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	% Operación
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	516.8162	0.0060	800.4960	0.0818	2.1802	35
0.0005	0.0150	1.8775	1.0506	692.0251	0.0070	933.9120	0.0954	1.6957	40
0.0006	0.0200	2.1680	1.2131	851.2904	0.0080	1067.3280	0.1090	1.4535	45
0.0007	0.0260	2.4719	1.3831	1028.2931	0.0100	1334.1600	0.1363	1.3976	50
0.0008	0.0340	2.8267	1.5817	1247.3862	0.0130	1734.4080	0.1772	1.3894	55
0.0009	0.0420	3.1417	1.7579	1452.3645	0.0160	2134.6560	0.2180	1.3843	60
0.0010	0.0510	3.4620	1.9371	1670.2699	0.0210	2801.7360	0.2862	1.4962	65
0.0011	0.0610	3.7862	2.1186	1900.0875	0.0270	3602.2320	0.3679	1.6084	70
0.0012	0.0720	4.1134	2.3017	2140.9944	0.0310	4135.8960	0.4224	1.5645	75
0.0013	0.0840	4.4430	2.4861	2392.3086	0.0370	4936.3920	0.5042	1.6006	80
0.0014	0.0970	4.7744	2.6715	2653.4553	0.0420	5603.4720	0.5723	1.5734	85
0.0014	0.1100	5.0843	2.8449	2904.9513	0.0490	6537.3840	0.6677	1.6187	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	516.8162	0.0060	800.4960	0.0818	2.1802	¼
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	516.8162	0.0060	800.4960	0.0818	2.1802	½
0.0004	0.0099	1.5234	0.8524	512.1567	0.0060	800.4960	0.0818	2.2078	¾
0.0004	0.0096	1.5040	0.8415	502.7877	0.0057	766.4323	0.0783	2.1688	1
0.0004	0.0091	1.4644	0.8194	483.8423	0.0057	766.4323	0.0783	2.2876	1¼
0.0004	0.0086	1.4237	0.7966	464.6037	0.0055	732.3687	0.0748	2.3127	1½
0.0004	0.0079	1.3604	0.7612	435.1475	0.0051	681.2732	0.0696	2.3562	1¾
0.0004	0.0071	1.2940	0.7241	404.8939	0.0049	647.2095	0.0661	2.4740	2
0.0003	0.0061	1.1997	0.6713	363.1220	0.0043	579.0822	0.0591	2.5750	2¼
0.0003	0.0053	1.1108	0.6215	324.9757	0.0037	493.9231	0.0504	2.5624	2½
0.0003	0.0041	0.9846	0.5509	273.1753	0.0031	408.7639	0.0418	2.6989	2¾
0.0002	0.0031	0.8570	0.4795	223.6805	0.0023	306.5729	0.0313	2.6720	3
0.0002	0.0021	0.7067	0.3954	169.4473	0.0015	204.3820	0.0209	2.6196	3¼

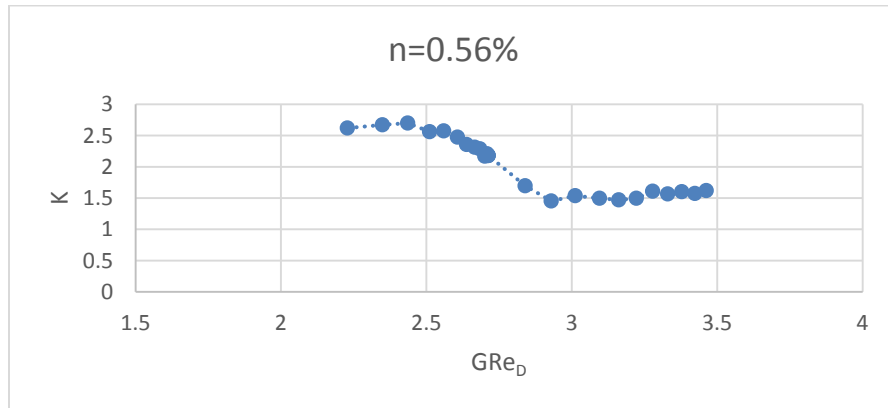


Figura 42 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 1 $n=0.56\%$

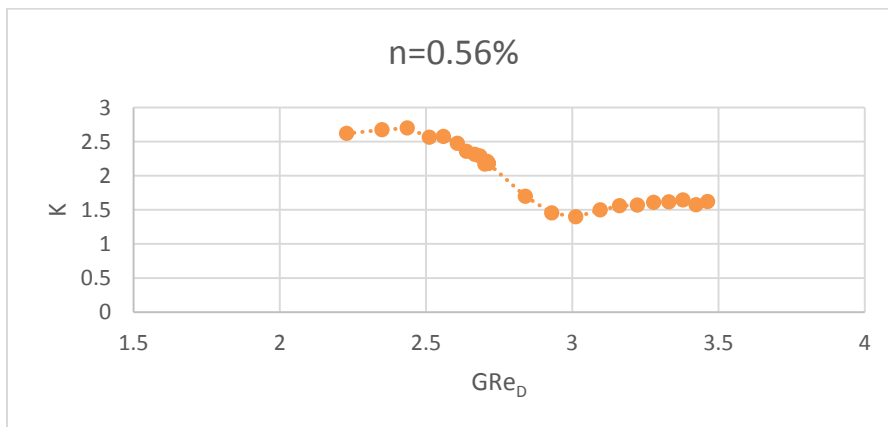


Figura 43 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 2 $n=0.56\%$

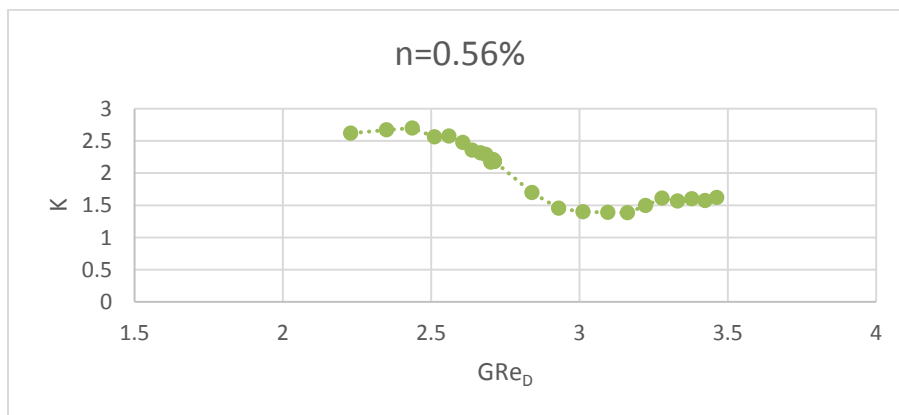


Figura 44 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 3 $n=0.56\%$

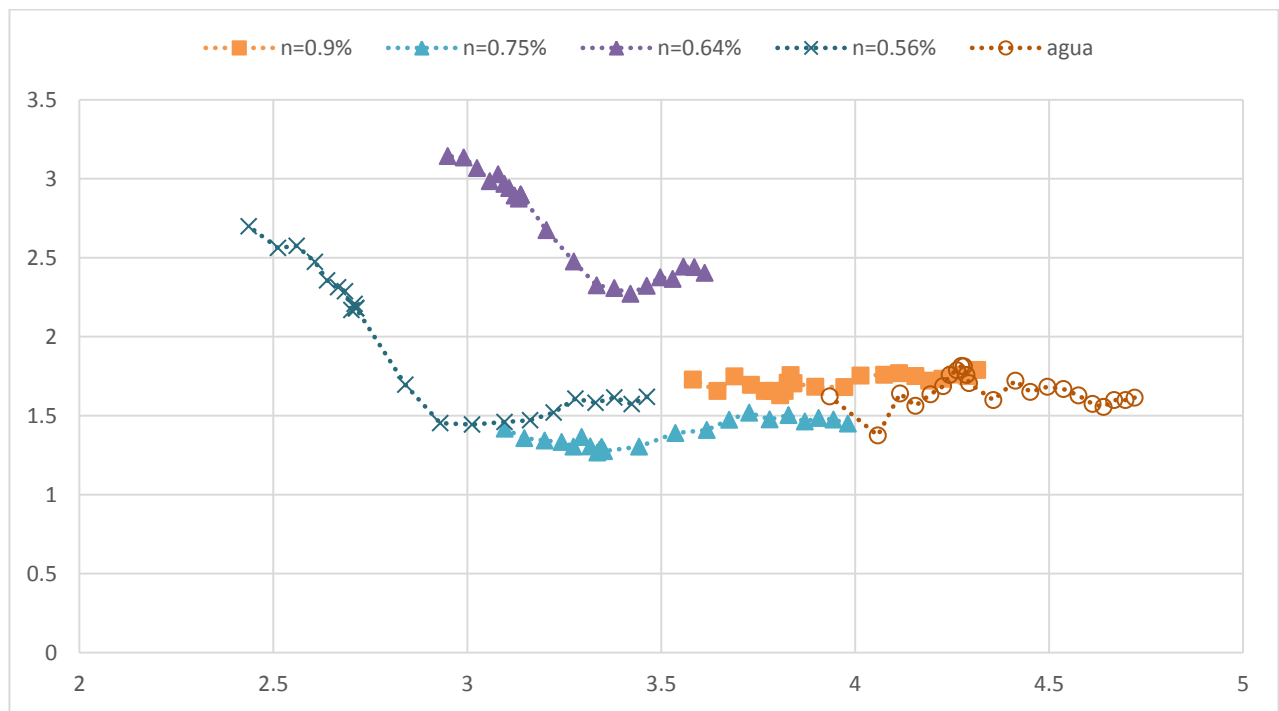


Figura 45 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para $n=0.90\%$, $n=0.75\%$, $n=0.64\%$, $n=0.56\%$ y el agua.

Resultados Experimentales Válvula de Esfera

Tabla 1 Agua									
Gasto (m ³ /s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	Re _D	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	% Operación
0.0006	0.0150	2.0014	1.1199	19662.2261	0.0060	800.4960	0.0818	1.2791	35
0.0006	0.0190	2.2525	1.2604	22129.1053	0.0080	1067.3280	0.1090	1.3465	40
0.0007	0.0250	2.5838	1.4458	25383.8247	0.0100	1334.1600	0.1363	1.2791	45
0.0008	0.0310	2.8772	1.6099	28266.2309	0.0130	1734.4080	0.1772	1.3410	50
0.0009	0.0390	3.2272	1.8058	31704.3869	0.0150	2001.2400	0.2044	1.2299	55
0.0010	0.0470	3.5427	1.9823	34804.5469	0.0170	2268.0720	0.2317	1.1567	60
0.0011	0.0560	3.8671	2.1638	37991.0301	0.0210	2801.7360	0.2862	1.1992	65
0.0012	0.0640	4.1341	2.3132	40614.1195	0.0250	3335.4000	0.3407	1.2491	70
0.0013	0.0750	4.4753	2.5041	43966.0740	0.0290	3869.0640	0.3952	1.2365	75
0.0014	0.0850	4.7643	2.6659	46805.4600	0.0330	4402.7280	0.4497	1.2415	80
0.0014	0.0970	5.0895	2.8478	50000.3360	0.0380	5069.8080	0.5178	1.2528	85
0.0015	0.1100	5.4198	3.0327	53245.5599	0.0430	5736.8880	0.5860	1.2501	90
Gasto (m ³ /s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	Re _D	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0006	0.0150	2.0011	1.1197	19659.5058	0.0060	798.3080	0.0815	1.2760	¼
0.0006	0.0146	1.9715	1.1031	19368.2377	0.0060	798.3080	0.0815	1.3147	½
0.0006	0.0141	1.9414	1.0863	19072.5221	0.0060	798.3080	0.0815	1.3557	¾
0.0005	0.0137	1.9108	1.0692	18772.1486	0.0056	741.2860	0.0757	1.2995	1
0.0005	0.0130	1.8640	1.0430	18312.3527	0.0053	712.7750	0.0728	1.3131	1¼
0.0005	0.0119	1.7833	0.9978	17519.2302	0.0051	684.2640	0.0699	1.3773	1½
0.0005	0.0110	1.7159	0.9602	16857.8871	0.0047	627.2420	0.0641	1.3635	1¾
0.0005	0.0095	1.5913	0.8904	15633.3614	0.0043	570.2200	0.0582	1.4413	2
0.0004	0.0079	1.4560	0.8147	14304.3916	0.0032	427.6650	0.0437	1.2912	2¼
0.0004	0.0066	1.3292	0.7437	13058.0632	0.0021	285.1100	0.0291	1.0329	2½
0.0003	0.0051	1.1638	0.6512	11433.5753	0.0019	256.5990	0.0262	1.2126	2¾
0.0002	0.0029	0.8750	0.4896	8595.8695	0.0011	142.5550	0.0146	1.1919	3
0.0002	0.0024	0.8048	0.4504	7907.0499	0.0009	114.0440	0.0116	1.1268	3¼

Tabla 2 Agua									
Gasto (m ³ /s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	Re _D	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0006	0.0150	2.0014	1.1199	19662.2261	0.0070	933.9120	0.0954	1.4923	35
0.0006	0.0190	2.2525	1.2604	22129.1053	0.0090	1200.7440	0.1226	1.5148	40
0.0007	0.0250	2.5838	1.4458	25383.8247	0.0110	1467.5760	0.1499	1.4070	45
0.0008	0.0310	2.8772	1.6099	28266.2309	0.0130	1734.4080	0.1772	1.3410	50
0.0009	0.0390	3.2272	1.8058	31704.3869	0.0150	2001.2400	0.2044	1.2299	55
0.0010	0.0470	3.5427	1.9823	34804.5469	0.0190	2534.9040	0.2589	1.2927	60
0.0011	0.0560	3.8671	2.1638	37991.0301	0.0230	3068.5680	0.3134	1.3134	65
0.0012	0.0640	4.1341	2.3132	40614.1195	0.0250	3335.4000	0.3407	1.2491	70
0.0013	0.0750	4.4753	2.5041	43966.0740	0.0310	4135.8960	0.4224	1.3218	75
0.0014	0.0850	4.7643	2.6659	46805.4600	0.0330	4402.7280	0.4497	1.2415	80
0.0014	0.0970	5.0895	2.8478	50000.3360	0.0390	5203.2240	0.5315	1.2857	85
0.0015	0.1100	5.4198	3.0327	53245.5599	0.0430	5736.8880	0.5860	1.2501	90
Gasto (m ³ /s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	Re _D	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0006	0.0150	2.0011	1.1197	19659.5058	0.0060	798.3080	0.0815	1.2760	¼
0.0006	0.0146	1.9715	1.1031	19368.2377	0.0060	798.3080	0.0815	1.3147	½
0.0006	0.0141	1.9414	1.0863	19072.5221	0.0060	798.3080	0.0815	1.3557	¾
0.0005	0.0137	1.9108	1.0692	18772.1486	0.0056	741.2860	0.0757	1.2995	1
0.0005	0.0130	1.8640	1.0430	18312.3527	0.0053	712.7750	0.0728	1.3131	1¼
0.0005	0.0119	1.7833	0.9978	17519.2302	0.0051	684.2640	0.0699	1.3773	1½
0.0005	0.0110	1.7159	0.9602	16857.8871	0.0047	627.2420	0.0641	1.3635	1¾
0.0005	0.0095	1.5913	0.8904	15633.3614	0.0043	570.2200	0.0582	1.4413	2
0.0004	0.0079	1.4560	0.8147	14304.3916	0.0032	427.6650	0.0437	1.2912	2¼
0.0004	0.0066	1.3292	0.7437	13058.0632	0.0021	285.1100	0.0291	1.0329	2½
0.0003	0.0051	1.1638	0.6512	11433.5753	0.0019	256.5990	0.0262	1.2126	2¾
0.0002	0.0029	0.8750	0.4896	8595.8695	0.0011	142.5550	0.0146	1.1919	3
0.0002	0.0024	0.8048	0.4504	7907.0499	0.0009	114.0440	0.0116	1.1268	3¼

Tabla 3 Agua									
Gasto (m ³ /s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	Re _D	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0006	0.0150	2.0014	1.1199	19662.2261	0.0070	933.9120	0.0954	1.4923	35
0.0006	0.0190	2.2525	1.2604	22129.1053	0.0090	1200.7440	0.1226	1.5148	40
0.0007	0.0250	2.5838	1.4458	25383.8247	0.0110	1467.5760	0.1499	1.4070	45
0.0008	0.0310	2.8772	1.6099	28266.2309	0.0130	1734.4080	0.1772	1.3410	50
0.0009	0.0390	3.2272	1.8058	31704.3869	0.0150	2001.2400	0.2044	1.2299	55
0.0010	0.0470	3.5427	1.9823	34804.5469	0.0190	2534.9040	0.2589	1.2927	60
0.0011	0.0560	3.8671	2.1638	37991.0301	0.0230	3068.5680	0.3134	1.3134	65
0.0012	0.0640	4.1341	2.3132	40614.1195	0.0250	3335.4000	0.3407	1.2491	70
0.0013	0.0750	4.4753	2.5041	43966.0740	0.0310	4135.8960	0.4224	1.3218	75
0.0014	0.0850	4.7643	2.6659	46805.4600	0.0330	4402.7280	0.4497	1.2415	80
0.0014	0.0970	5.0895	2.8478	50000.3360	0.0390	5203.2240	0.5315	1.2857	85
0.0015	0.1100	5.4198	3.0327	53245.5599	0.0430	5736.8880	0.5860	1.2501	90
Gasto (m ³ /s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	Re _D	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0006	0.0150	2.0011	1.1197	19659.5058	0.0060	798.3080	0.0815	1.2760	¼
0.0006	0.0146	1.9715	1.1031	19368.2377	0.0060	798.3080	0.0815	1.3147	½
0.0006	0.0141	1.9414	1.0863	19072.5221	0.0060	798.3080	0.0815	1.3557	¾
0.0005	0.0137	1.9108	1.0692	18772.1486	0.0056	741.2860	0.0757	1.2995	1
0.0005	0.0130	1.8640	1.0430	18312.3527	0.0053	712.7750	0.0728	1.3131	1¼
0.0005	0.0119	1.7833	0.9978	17519.2302	0.0051	684.2640	0.0699	1.3773	1½
0.0005	0.0110	1.7159	0.9602	16857.8871	0.0047	627.2420	0.0641	1.3635	1¾
0.0005	0.0095	1.5913	0.8904	15633.3614	0.0043	570.2200	0.0582	1.4413	2
0.0004	0.0079	1.4560	0.8147	14304.3916	0.0032	427.6650	0.0437	1.2912	2¼
0.0004	0.0066	1.3292	0.7437	13058.0632	0.0021	285.1100	0.0291	1.0329	2½
0.0003	0.0051	1.1638	0.6512	11433.5753	0.0019	256.5990	0.0262	1.2126	2¾
0.0002	0.0029	0.8750	0.4896	8595.8695	0.0011	142.5550	0.0146	1.1919	3
0.0002	0.0024	0.8048	0.4504	7907.0499	0.0009	114.0440	0.0116	1.1268	3¼

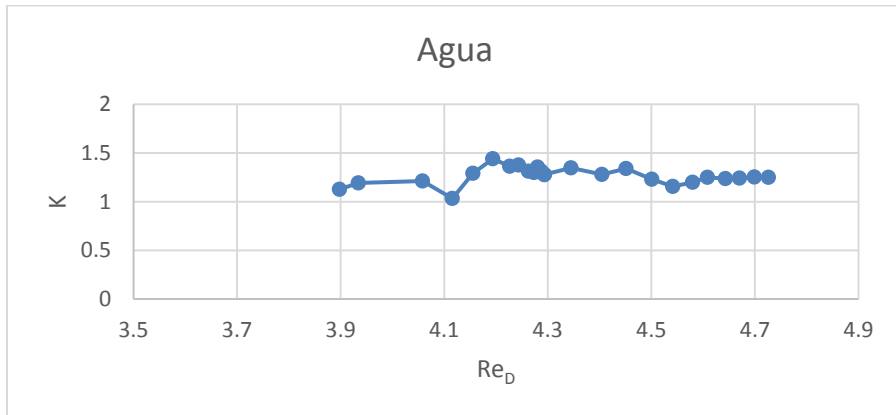


Figura 46 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds (Re_D) para la Tabla 1 Agua

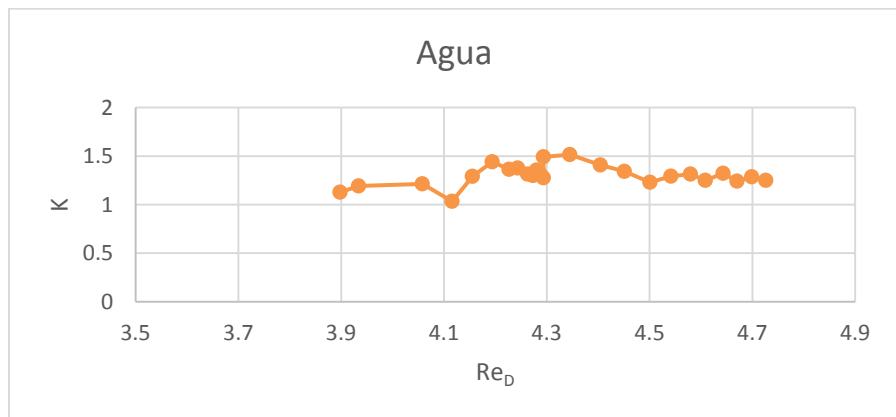


Figura 47 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds (Re_D) para la Tabla 2 Agua

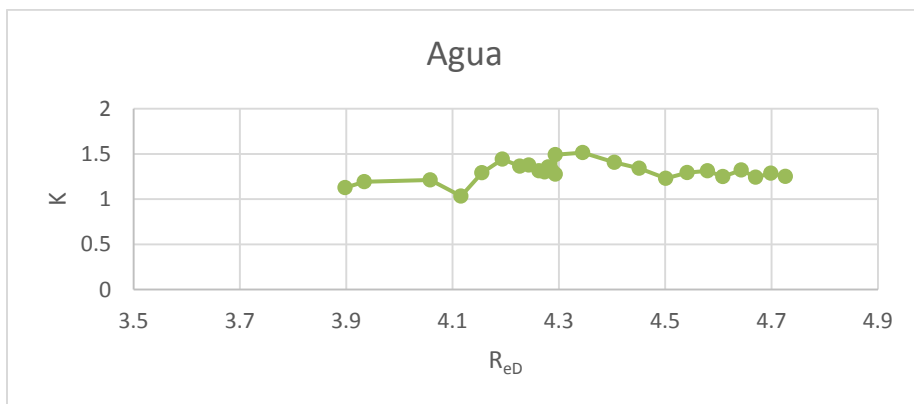


Figura 48 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds (Re_D) para la Tabla 3 Agua

Tabla 1 n=0.90%									
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0006	0.0150	2.0014	1.1199	6639.0945	0.0080	1067.3280	0.1090	1.7055	35
0.0006	0.0190	2.2525	1.2604	7560.8938	0.0100	1334.1600	0.1363	1.6831	40
0.0007	0.0250	2.5838	1.4458	8792.7689	0.0140	1867.8240	0.1908	1.7908	45
0.0008	0.0310	2.8772	1.6099	9897.0915	0.0170	2268.0720	0.2317	1.7536	50
0.0009	0.0390	3.2272	1.8058	11229.0804	0.0210	2801.7360	0.2862	1.7219	55
0.0010	0.0470	3.5427	1.9823	12442.6383	0.0250	3335.4000	0.3407	1.7010	60
0.0011	0.0560	3.8671	2.1638	13701.3093	0.0290	3869.0640	0.3952	1.6560	65
0.0012	0.0640	4.1341	2.3132	14745.4368	0.0330	4402.7280	0.4497	1.6489	70
0.0013	0.0750	4.4753	2.5041	16089.4927	0.0380	5069.8080	0.5178	1.6202	75
0.0014	0.0850	4.7643	2.6659	17236.1024	0.0430	5736.8880	0.5860	1.6177	80
0.0014	0.0970	5.0895	2.8478	18534.5954	0.0490	6537.3840	0.6677	1.6154	85
0.0015	0.1100	5.4198	3.0327	19862.0757	0.0560	7471.2960	0.7631	1.6280	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0006	0.0150	2.0011	1.1197	6638.0841	0.0082	1097.5799	0.1121	1.7543	¼
0.0006	0.0146	1.9715	1.1031	6529.9824	0.0082	1097.5799	0.1121	1.8075	½
0.0006	0.0141	1.9414	1.0863	6420.3963	0.0079	1051.8474	0.1074	1.7863	¾
0.0005	0.0137	1.9108	1.0692	6309.2579	0.0073	975.6265	0.0997	1.7103	1
0.0005	0.0130	1.8640	1.0430	6139.4781	0.0070	929.8940	0.0950	1.7130	1¼
0.0005	0.0119	1.7833	0.9978	5847.6237	0.0066	884.1616	0.0903	1.7796	1½
0.0005	0.0110	1.7159	0.9602	5605.2676	0.0057	762.2082	0.0779	1.6569	1¾
0.0005	0.0095	1.5913	0.8904	5159.0591	0.0050	670.7432	0.0685	1.6954	2
0.0004	0.0079	1.4560	0.8147	4678.7434	0.0043	579.2783	0.0592	1.7489	2¼
0.0004	0.0066	1.3292	0.7437	4232.3302	0.0037	487.8133	0.0498	1.7673	2½
0.0003	0.0051	1.1638	0.6512	3656.9006	0.0030	396.3483	0.0405	1.8730	2¾
0.0002	0.0029	0.8750	0.4896	2671.9707	0.0025	335.3716	0.0343	2.8039	3
0.0002	0.0024	0.8048	0.4504	2437.4113	0.0014	182.9300	0.0187	1.8075	3¼

Tabla 2 n=0.90%

Tabla 2 n=0.90%									
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0006	0.0150	2.0014	1.1199	6639.0945	0.0080	1067.3280	0.1090	1.7055	35
0.0006	0.0190	2.2525	1.2604	7560.8938	0.0100	1334.1600	0.1363	1.6831	40
0.0007	0.0260	2.6350	1.4744	8984.5017	0.0130	1734.4080	0.1772	1.5989	45
0.0008	0.0310	2.8772	1.6099	9897.0915	0.0170	2268.0720	0.2317	1.7536	50
0.0009	0.0400	3.2683	1.8288	11386.5367	0.0220	2935.1520	0.2998	1.7588	55
0.0010	0.0470	3.5427	1.9823	12442.6383	0.0260	3468.8160	0.3543	1.7690	60
0.0011	0.0560	3.8671	2.1638	13701.3093	0.0300	4002.4800	0.4088	1.7131	65
0.0012	0.0650	4.1662	2.3312	14871.7132	0.0350	4669.5600	0.4770	1.7219	70
0.0013	0.0750	4.4753	2.5041	16089.4927	0.0400	5336.6400	0.5451	1.7055	75
0.0014	0.0860	4.7922	2.6815	17347.3365	0.0460	6137.1360	0.6269	1.7105	80
0.0015	0.0980	5.1156	2.8625	18639.4459	0.0530	7071.0480	0.7222	1.7294	85
0.0015	0.1090	5.3951	3.0188	19762.5613	0.0590	7871.5440	0.8040	1.7309	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0006	0.0150	2.0011	1.1197	6638.0841	0.0080	1067.0915	0.1090	1.7056	¼
0.0006	0.0146	1.9715	1.1031	6529.9824	0.0080	1067.0915	0.1090	1.7573	½
0.0006	0.0141	1.9414	1.0863	6420.3963	0.0075	1006.1149	0.1028	1.7086	¾
0.0005	0.0137	1.9108	1.0692	6309.2579	0.0071	945.1382	0.0965	1.6569	1
0.0005	0.0130	1.8640	1.0430	6139.4781	0.0066	884.1616	0.0903	1.6288	1¼
0.0005	0.0119	1.7833	0.9978	5847.6237	0.0062	823.1849	0.0841	1.6569	1½
0.0005	0.0110	1.7159	0.9602	5605.2676	0.0057	762.2082	0.0779	1.6569	1¾
0.0005	0.0095	1.5913	0.8904	5159.0591	0.0050	670.7432	0.0685	1.6954	2
0.0004	0.0079	1.4560	0.8147	4678.7434	0.0043	579.2783	0.0592	1.7489	2¼
0.0004	0.0066	1.3292	0.7437	4232.3302	0.0034	457.3249	0.0467	1.6569	2½
0.0003	0.0051	1.1638	0.6512	3656.9006	0.0027	365.8600	0.0374	1.7289	2¾
0.0002	0.0029	0.8750	0.4896	2671.9707	0.0018	243.9066	0.0249	2.0392	3
0.0002	0.0024	0.8048	0.4504	2437.4113	0.0011	152.4416	0.0156	1.5062	3¼

Tabla 3 n=0.90%

Tabla 3 n=0.90%									
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0006	0.0150	2.0014	1.1199	6639.0945	0.0080	1067.3280	0.1090	1.7055	35
0.0006	0.0190	2.2525	1.2604	7560.8938	0.0100	1334.1600	0.1363	1.6831	40
0.0007	0.0250	2.5838	1.4458	8792.7689	0.0130	1734.4080	0.1772	1.6629	45
0.0008	0.0310	2.8772	1.6099	9897.0915	0.0160	2134.6560	0.2180	1.6505	50
0.0009	0.0390	3.2272	1.8058	11229.0804	0.0200	2668.3200	0.2725	1.6399	55
0.0010	0.0470	3.5427	1.9823	12442.6383	0.0250	3335.4000	0.3407	1.7010	60
0.0011	0.0560	3.8671	2.1638	13701.3093	0.0290	3869.0640	0.3952	1.6560	65
0.0012	0.0640	4.1341	2.3132	14745.4368	0.0330	4402.7280	0.4497	1.6489	70
0.0013	0.0750	4.4753	2.5041	16089.4927	0.0370	4936.3920	0.5042	1.5776	75
0.0014	0.0850	4.7643	2.6659	17236.1024	0.0430	5736.8880	0.5860	1.6177	80
0.0014	0.0970	5.0895	2.8478	18534.5954	0.0490	6537.3840	0.6677	1.6154	85
0.0015	0.1100	5.4198	3.0327	19862.0757	0.0550	7337.8800	0.7495	1.5989	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0006	0.0150	2.0011	1.1197	6638.0841	0.0076	1010.8908	0.1033	1.6158	¼
0.0006	0.0146	1.9715	1.1031	6529.9824	0.0076	1010.8908	0.1033	1.6647	½
0.0006	0.0141	1.9414	1.0863	6420.3963	0.0072	954.7302	0.0975	1.6214	¾
0.0005	0.0137	1.9108	1.0692	6309.2579	0.0067	898.5696	0.0918	1.5752	1
0.0005	0.0130	1.8640	1.0430	6139.4781	0.0063	842.4090	0.0860	1.5519	1¼
0.0005	0.0119	1.7833	0.9978	5847.6237	0.0059	786.2484	0.0803	1.5825	1½
0.0005	0.0110	1.7159	0.9602	5605.2676	0.0053	702.0075	0.0717	1.5260	1¾
0.0005	0.0095	1.5913	0.8904	5159.0591	0.0048	645.8469	0.0660	1.6325	2
0.0004	0.0079	1.4560	0.8147	4678.7434	0.0040	533.5257	0.0545	1.6108	2¼
0.0004	0.0066	1.3292	0.7437	4232.3302	0.0036	477.3651	0.0488	1.7295	2½
0.0003	0.0051	1.1638	0.6512	3656.9006	0.0027	365.0439	0.0373	1.7250	2¾
0.0002	0.0029	0.8750	0.4896	2671.9707	0.0189	2527.2270	0.2581	21.1293	3
0.0002	0.0024	0.8048	0.4504	2437.4113	0.0015	196.5621	0.0201	1.9422	3¼

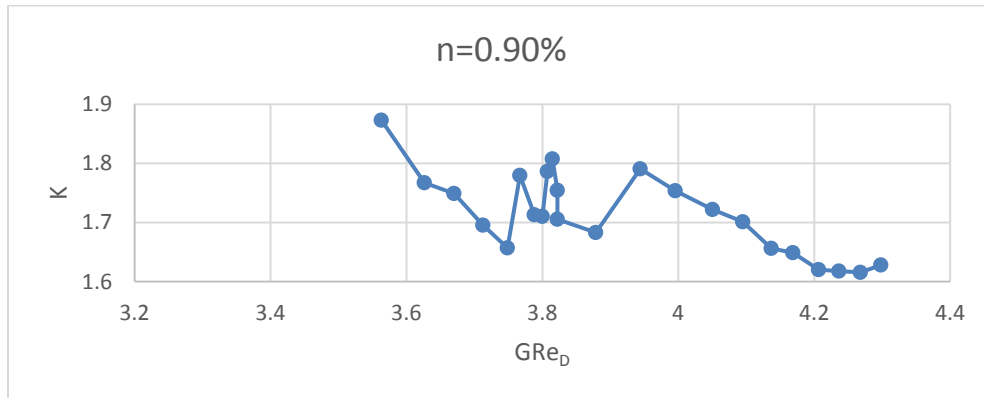


Figura 49 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 1 $n=0.90\%$

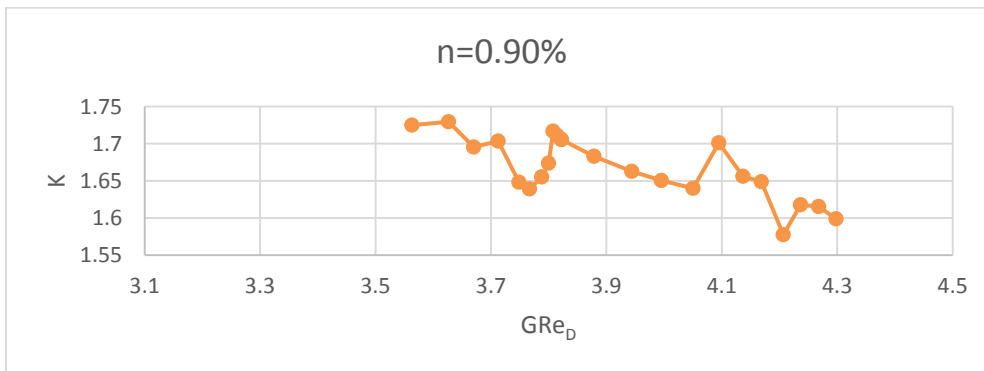


Figura 50 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 2 $n=0.90\%$

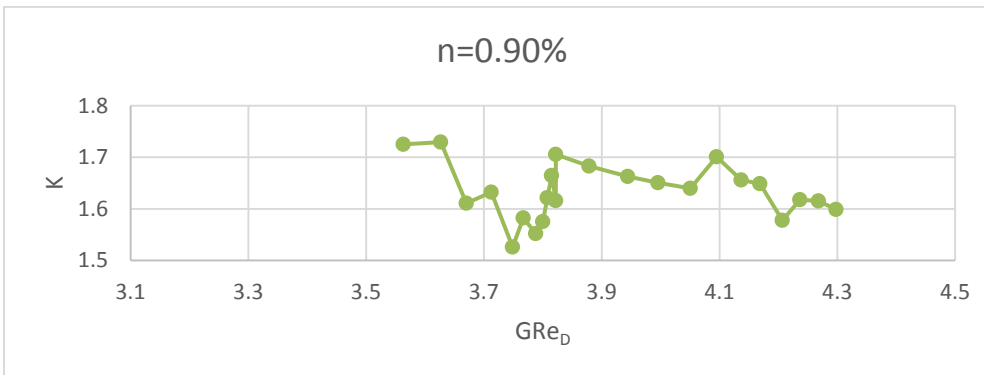


Figura 51 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 3 $n=0.90\%$

Tabla 1 n=0.75%									
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0005	0.0120	1.7901	1.0017	2290.3438	0.0030	400.2480	0.0409	0.7995	35
0.0006	0.0150	2.0014	1.1199	2633.1127	0.0040	533.6640	0.0545	0.8528	40
0.0007	0.0230	2.4783	1.3867	3439.4762	0.0070	933.9120	0.0954	0.9732	45
0.0008	0.0310	2.8772	1.6099	4144.8943	0.0090	1200.7440	0.1226	0.9284	50
0.0009	0.0390	3.2272	1.8058	4784.4033	0.0110	1467.5760	0.1499	0.9019	55
0.0010	0.0470	3.5427	1.9823	5376.1771	0.0150	2001.2400	0.2044	1.0206	60
0.0011	0.0570	3.9014	2.1831	6065.0473	0.0180	2401.4880	0.2453	1.0098	65
0.0012	0.0680	4.2613	2.3844	6772.2109	0.0210	2801.7360	0.2862	0.9876	70
0.0013	0.0780	4.5639	2.5537	7378.5586	0.0260	3468.8160	0.3543	1.0659	75
0.0014	0.0890	4.8751	2.7279	8012.7420	0.0300	4002.4800	0.4088	1.0779	80
0.0015	0.1040	5.2699	2.9488	8831.9834	0.0360	4802.9760	0.4906	1.1069	85
0.0016	0.1190	5.6372	3.1543	9607.9173	0.0420	5603.4720	0.5723	1.1286	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0005	0.0120	1.7897	1.0014	2289.7115	0.0030	400.0098	0.0409	0.7993	¼
0.0005	0.0116	1.7591	0.9843	2240.8874	0.0030	400.0098	0.0409	0.8274	½
0.0005	0.0112	1.7280	0.9669	2191.4165	0.0030	400.0098	0.0409	0.8575	¾
0.0005	0.0108	1.6963	0.9491	2141.2662	0.0028	373.3425	0.0381	0.8305	1
0.0005	0.0102	1.6476	0.9219	2064.6883	0.0026	346.6752	0.0354	0.8175	1¼
0.0005	0.0096	1.5974	0.8938	1986.3666	0.0026	346.6752	0.0354	0.8696	1½
0.0004	0.0087	1.5279	0.8549	1878.9535	0.0024	320.0079	0.0327	0.8774	1¾
0.0004	0.0079	1.4551	0.8142	1767.7206	0.0024	320.0079	0.0327	0.9674	2
0.0004	0.0067	1.3385	0.7489	1592.4634	0.0016	213.3386	0.0218	0.7622	2¼
0.0003	0.0055	1.2107	0.6774	1404.7551	0.0014	186.6713	0.0191	0.8151	2½
0.0003	0.0043	1.0677	0.5975	1200.5640	0.0010	133.3366	0.0136	0.7486	2¾
0.0003	0.0033	0.9320	0.5215	1012.9156	0.0008	106.6693	0.0109	0.7860	3
0.0002	0.0020	0.7368	0.4123	755.0892	0.0006	80.0020	0.0082	0.9432	3¼

Tabla 2 n=0.75%

Tabla 2 n=0.75%									
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0005	0.0120	1.7901	1.0017	2290.3438	0.0030	400.2480	0.0409	0.7995	35
0.0006	0.0170	2.1306	1.1922	2847.3639	0.0050	667.0800	0.0681	0.9405	40
0.0007	0.0230	2.4783	1.3867	3439.4762	0.0070	933.9120	0.0954	0.9732	45
0.0008	0.0310	2.8772	1.6099	4144.8943	0.0090	1200.7440	0.1226	0.9284	50
0.0009	0.0380	3.1855	1.7825	4707.3572	0.0120	1600.9920	0.1635	1.0098	55
0.0010	0.0460	3.5048	1.9611	5304.3974	0.0150	2001.2400	0.2044	1.0428	60
0.0011	0.0560	3.8671	2.1638	5998.3240	0.0180	2401.4880	0.2453	1.0279	65
0.0012	0.0670	4.2298	2.3668	6709.7935	0.0230	3068.5680	0.3134	1.0978	70
0.0013	0.0790	4.5930	2.5700	7437.5404	0.0270	3602.2320	0.3679	1.0929	75
0.0014	0.0900	4.9024	2.7431	8068.8933	0.0320	4269.3120	0.4361	1.1370	80
0.0015	0.1030	5.2445	2.9346	8778.8104	0.0370	4936.3920	0.5042	1.1487	85
0.0016	0.1180	5.6134	3.1410	9557.3757	0.0420	5603.4720	0.5723	1.1382	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0005	0.0120	1.7901	1.0017	2290.3438	0.0030	400.2480	0.0409	0.7995	¼
0.0005	0.0118	1.7721	0.9916	2261.6062	0.0030	400.2480	0.0409	0.8158	½
0.0005	0.0115	1.7539	0.9814	2232.6477	0.0028	374.4255	0.0382	0.7790	¾
0.0005	0.0113	1.7356	0.9711	2203.4621	0.0028	374.4255	0.0382	0.7956	1
0.0005	0.0106	1.6793	0.9396	2114.4740	0.0026	348.6031	0.0356	0.7912	1¼
0.0005	0.0097	1.6111	0.9015	2007.7231	0.0024	322.7806	0.0330	0.7960	1½
0.0004	0.0090	1.5503	0.8675	1913.4361	0.0024	322.7806	0.0330	0.8596	1¾
0.0004	0.0080	1.4653	0.8199	1783.1892	0.0021	284.0470	0.0290	0.8468	2
0.0004	0.0068	1.3515	0.7562	1611.8420	0.0018	245.3133	0.0251	0.8596	2¼
0.0003	0.0056	1.2272	0.6867	1428.7684	0.0016	219.4908	0.0224	0.9328	2½
0.0003	0.0047	1.1179	0.6255	1271.4991	0.0014	180.7572	0.0185	0.9258	2¾
0.0003	0.0034	0.9472	0.5300	1033.6522	0.0010	129.1123	0.0132	0.9210	3
0.0002	0.0023	0.7803	0.4366	811.1883	0.0008	103.2898	0.0106	1.0858	3¼

Tabla 3 n=0.75%

Tabla 3 n=0.75%									
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0005	0.0120	1.7901	1.0017	2290.3438	0.0030	400.2480	0.0409	0.7995	35
0.0006	0.0170	2.1306	1.1922	2847.3639	0.0050	667.0800	0.0681	0.9405	40
0.0007	0.0230	2.4783	1.3867	3439.4762	0.0070	933.9120	0.0954	0.9732	45
0.0008	0.0310	2.8772	1.6099	4144.8943	0.0090	1200.7440	0.1226	0.9284	50
0.0009	0.0380	3.1855	1.7825	4707.3572	0.0120	1600.9920	0.1635	1.0098	55
0.0010	0.0460	3.5048	1.9611	5304.3974	0.0150	2001.2400	0.2044	1.0428	60
0.0011	0.0560	3.8671	2.1638	5998.3240	0.0180	2401.4880	0.2453	1.0279	65
0.0012	0.0670	4.2298	2.3668	6709.7935	0.0230	3068.5680	0.3134	1.0978	70
0.0013	0.0790	4.5930	2.5700	7437.5404	0.0270	3602.2320	0.3679	1.0929	75
0.0014	0.0900	4.9024	2.7431	8068.8933	0.0320	4269.3120	0.4361	1.1370	80
0.0015	0.1030	5.2445	2.9346	8778.8104	0.0370	4936.3920	0.5042	1.1487	85
0.0016	0.1180	5.6134	3.1410	9557.3757	0.0420	5603.4720	0.5723	1.1382	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0005	0.0120	1.7901	1.0017	2290.3438	0.0030	400.2480	0.0409	0.7995	¼
0.0005	0.0118	1.7721	0.9916	2261.6062	0.0030	400.2480	0.0409	0.8158	½
0.0005	0.0115	1.7539	0.9814	2232.6477	0.0028	374.4255	0.0382	0.7790	¾
0.0005	0.0113	1.7356	0.9711	2203.4621	0.0028	374.4255	0.0382	0.7956	1
0.0005	0.0106	1.6793	0.9396	2114.4740	0.0026	348.6031	0.0356	0.7912	1¼
0.0005	0.0097	1.6111	0.9015	2007.7231	0.0024	322.7806	0.0330	0.7960	1½
0.0004	0.0090	1.5503	0.8675	1913.4361	0.0024	322.7806	0.0330	0.8596	1¾
0.0004	0.0080	1.4653	0.8199	1783.1892	0.0021	284.0470	0.0290	0.8468	2
0.0004	0.0068	1.3515	0.7562	1611.8420	0.0018	245.3133	0.0251	0.8596	2¼
0.0003	0.0056	1.2272	0.6867	1428.7684	0.0016	219.4908	0.0224	0.9328	2½
0.0003	0.0047	1.1179	0.6255	1271.4991	0.0014	180.7572	0.0185	0.9258	2¾
0.0003	0.0034	0.9472	0.5300	1033.6522	0.0010	129.1123	0.0132	0.9210	3
0.0002	0.0023	0.7803	0.4366	811.1883	0.0008	103.2898	0.0106	1.0858	3¼

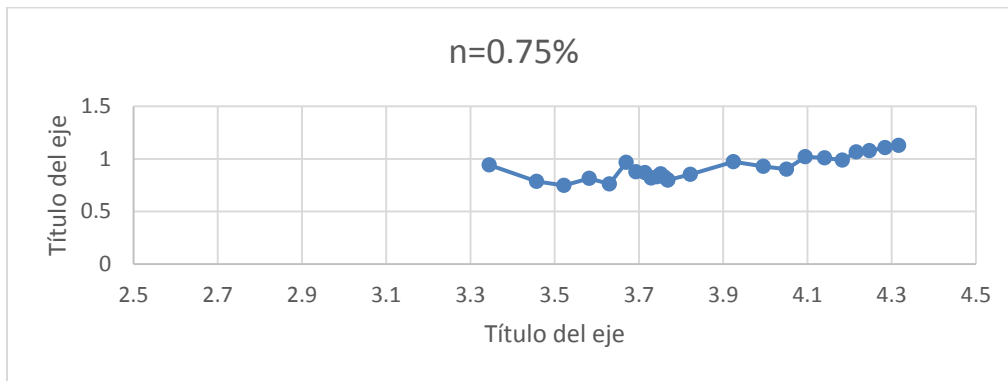


Figura 52 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 1 n=0.75%

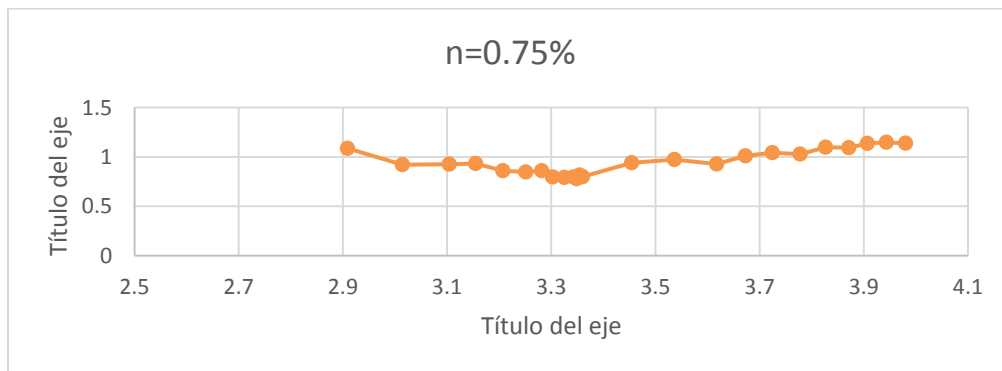


Figura 53 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 2 n=0.75%

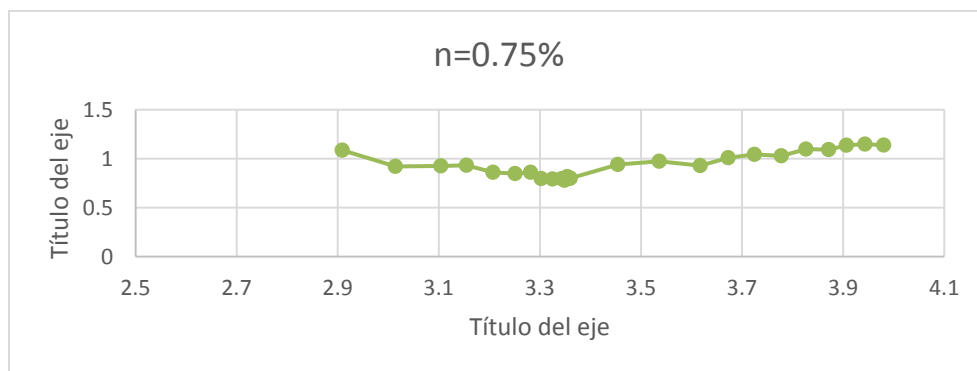


Figura 54 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 3 n=0.75%

Tabla 1 n=0.64%									
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	796.3009	0.0030	400.2480	0.0409	1.0901	35
0.0005	0.0140	1.8139	1.0149	1001.0235	0.0040	533.6640	0.0545	1.0382	40
0.0006	0.0200	2.1680	1.2131	1275.7854	0.0060	800.4960	0.0818	1.0901	45
0.0007	0.0270	2.5189	1.4095	1564.6045	0.0080	1067.3280	0.1090	1.0767	50
0.0008	0.0340	2.8267	1.5817	1830.1340	0.0100	1334.1600	0.1363	1.0687	55
0.0009	0.0420	3.1417	1.7579	2112.9379	0.0120	1600.9920	0.1635	1.0382	60
0.0010	0.0520	3.4957	1.9560	2443.2026	0.0150	2001.2400	0.2044	1.0482	65
0.0011	0.0620	3.8171	2.1359	2753.6172	0.0180	2401.4880	0.2453	1.0550	70
0.0012	0.0730	4.1419	2.3176	3077.0656	0.0220	2935.1520	0.2998	1.0951	75
0.0013	0.0840	4.4430	2.4861	3385.2218	0.0260	3468.8160	0.3543	1.1247	80
0.0014	0.0970	4.7744	2.6715	3733.2063	0.0290	3869.0640	0.3952	1.0864	85
0.0014	0.1110	5.1074	2.8578	4091.6346	0.0350	4669.5600	0.4770	1.1458	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0004	0.0100	1.5324	0.8574	795.8706	0.0030	400.2480	0.0409	1.0910	¼
0.0004	0.0100	1.5324	0.8574	795.8706	0.0030	400.2480	0.0409	1.0910	½
0.0004	0.0097	1.5126	0.8464	781.9363	0.0030	400.2480	0.0409	1.1197	¾
0.0004	0.0092	1.4723	0.8238	753.7099	0.0029	386.9064	0.0395	1.1425	1
0.0004	0.0086	1.4202	0.7947	717.7100	0.0028	373.5648	0.0382	1.1854	1¼
0.0004	0.0081	1.3772	0.7706	688.2872	0.0027	360.2232	0.0368	1.2157	1½
0.0004	0.0074	1.3214	0.7394	650.6526	0.0025	333.5400	0.0341	1.2227	1¾
0.0004	0.0067	1.2512	0.7001	604.0882	0.0022	293.5152	0.0300	1.2001	2
0.0003	0.0056	1.1509	0.6440	539.2199	0.0020	266.8320	0.0273	1.2893	2¼
0.0003	0.0047	1.0554	0.5906	479.2866	0.0018	240.1488	0.0245	1.3800	2½
0.0003	0.0038	0.9503	0.5318	415.5857	0.0016	213.4656	0.0218	1.5128	2¾
0.0002	0.0027	0.7951	0.4449	326.0823	0.0013	173.4408	0.0177	1.7560	3
0.0002	0.0018	0.6492	0.3633	247.5057	0.0010	133.4160	0.0136	2.0261	3¼

Tabla 2 n=0.64%

Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	796.3009	0.0030	400.2480	0.0409	1.0901	35
0.0005	0.0140	1.8139	1.0149	1001.0235	0.0040	533.6640	0.0545	1.0382	40
0.0006	0.0200	2.1680	1.2131	1275.7854	0.0060	800.4960	0.0818	1.0901	45
0.0007	0.0270	2.5189	1.4095	1564.6045	0.0080	1067.3280	0.1090	1.0767	50
0.0008	0.0340	2.8267	1.5817	1830.1340	0.0100	1334.1600	0.1363	1.0687	55
0.0009	0.0420	3.1417	1.7579	2112.9379	0.0120	1600.9920	0.1635	1.0382	60
0.0010	0.0520	3.4957	1.9560	2443.2026	0.0150	2001.2400	0.2044	1.0482	65
0.0011	0.0620	3.8171	2.1359	2753.6172	0.0180	2401.4880	0.2453	1.0550	70
0.0012	0.0730	4.1419	2.3176	3077.0656	0.0220	2935.1520	0.2998	1.0951	75
0.0013	0.0840	4.4430	2.4861	3385.2218	0.0260	3468.8160	0.3543	1.1247	80
0.0014	0.0970	4.7744	2.6715	3733.2063	0.0290	3869.0640	0.3952	1.0864	85
0.0014	0.1110	5.1074	2.8578	4091.6346	0.0350	4669.5600	0.4770	1.1458	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0004	0.0100	1.5324	0.8574	795.8706	0.0030	400.2480	0.0409	1.0910	¼
0.0004	0.0100	1.5324	0.8574	795.8706	0.0030	400.2480	0.0409	1.0910	½
0.0004	0.0097	1.5126	0.8464	781.9363	0.0030	400.2480	0.0409	1.1197	¾
0.0004	0.0092	1.4723	0.8238	753.7099	0.0029	386.9064	0.0395	1.1425	1
0.0004	0.0086	1.4202	0.7947	717.7100	0.0028	373.5648	0.0382	1.1854	1¼
0.0004	0.0081	1.3772	0.7706	688.2872	0.0027	360.2232	0.0368	1.2157	1½
0.0004	0.0074	1.3214	0.7394	650.6526	0.0025	333.5400	0.0341	1.2227	1¾
0.0004	0.0067	1.2512	0.7001	604.0882	0.0022	293.5152	0.0300	1.2001	2
0.0003	0.0056	1.1509	0.6440	539.2199	0.0020	266.8320	0.0273	1.2893	2¼
0.0003	0.0047	1.0554	0.5906	479.2866	0.0018	240.1488	0.0245	1.3800	2½
0.0003	0.0038	0.9503	0.5318	415.5857	0.0016	213.4656	0.0218	1.5128	2¾
0.0002	0.0027	0.7951	0.4449	326.0823	0.0013	173.4408	0.0177	1.7560	3
0.0002	0.0018	0.6492	0.3633	247.5057	0.0010	133.4160	0.0136	2.0261	3¼

Tabla 3 n=0.64%

Tabla 3 n=0.64%									
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	796.3009	0.0040	533.6640	0.0545	1.4535	35
0.0005	0.0140	1.8139	1.0149	1001.0235	0.0060	800.4960	0.0818	1.5573	40
0.0006	0.0200	2.1680	1.2131	1275.7854	0.0070	933.9120	0.0954	1.2718	45
0.0007	0.0270	2.5189	1.4095	1564.6045	0.0090	1200.7440	0.1226	1.2112	50
0.0008	0.0340	2.8267	1.5817	1830.1340	0.0110	1467.5760	0.1499	1.1756	55
0.0009	0.0420	3.1417	1.7579	2112.9379	0.0130	1734.4080	0.1772	1.1247	60
0.0010	0.0520	3.4957	1.9560	2443.2026	0.0160	2134.6560	0.2180	1.1181	65
0.0011	0.0620	3.8171	2.1359	2753.6172	0.0190	2534.9040	0.2589	1.1136	70
0.0012	0.0730	4.1419	2.3176	3077.0656	0.0220	2935.1520	0.2998	1.0951	75
0.0013	0.0840	4.4430	2.4861	3385.2218	0.0260	3468.8160	0.3543	1.1247	80
0.0014	0.0970	4.7744	2.6715	3733.2063	0.0310	4135.8960	0.4224	1.1613	85
0.0014	0.1110	5.1074	2.8578	4091.6346	0.0350	4669.5600	0.4770	1.1458	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GR_{eD}	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0004	0.0100	1.5324	0.8574	795.8706	0.0040	533.5078	0.0545	1.4542	¼
0.0004	0.0100	1.5324	0.8574	795.8706	0.0040	533.5078	0.0545	1.4542	½
0.0004	0.0097	1.5126	0.8464	781.9363	0.0040	533.5078	0.0545	1.4925	¾
0.0004	0.0092	1.4723	0.8238	753.7099	0.0039	515.7242	0.0527	1.5229	1
0.0004	0.0086	1.4202	0.7947	717.7100	0.0037	497.9406	0.0509	1.5801	1¼
0.0004	0.0081	1.3772	0.7706	688.2872	0.0036	480.1571	0.0490	1.6204	1½
0.0004	0.0074	1.3214	0.7394	650.6526	0.0033	444.5899	0.0454	1.6297	1¾
0.0004	0.0067	1.2512	0.7001	604.0882	0.0029	391.2391	0.0400	1.5996	2
0.0003	0.0056	1.1509	0.6440	539.2199	0.0027	355.6719	0.0363	1.7186	2¼
0.0003	0.0047	1.0554	0.5906	479.2866	0.0024	320.1047	0.0327	1.8394	2½
0.0003	0.0038	0.9503	0.5318	415.5857	0.0021	284.5375	0.0291	2.0165	2¾
0.0002	0.0027	0.7951	0.4449	326.0823	0.0017	231.1867	0.0236	2.3406	3
0.0002	0.0018	0.6492	0.3633	247.5057	0.0013	177.8359	0.0182	2.7007	3¼

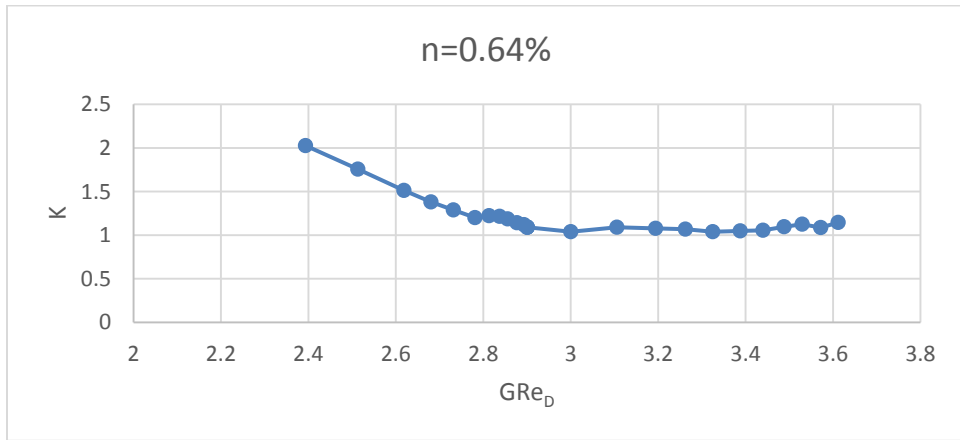


Figura 55 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 1 $n=0.64\%$

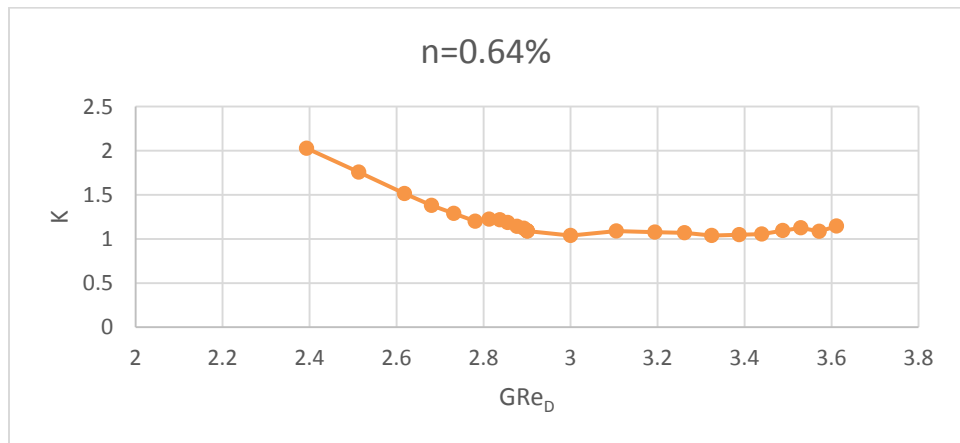


Figura 56 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 2 $n=0.64\%$

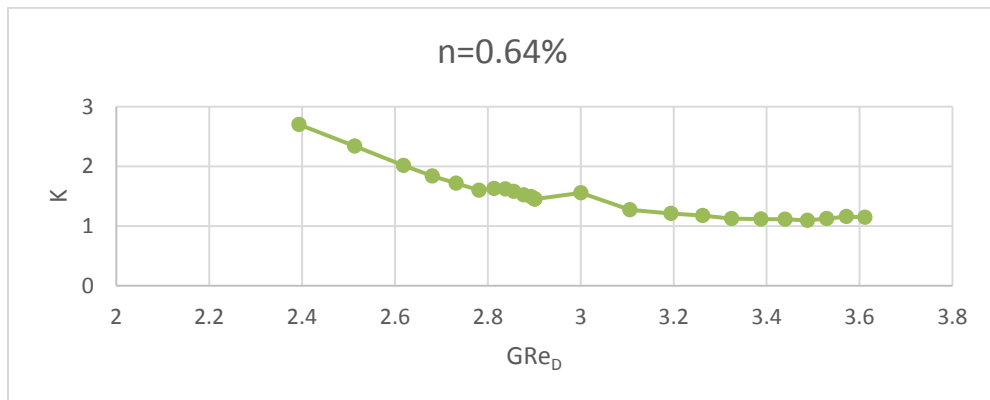


Figura 57 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 3 $n=0.64\%$

Tabla 1 n=0.56%									
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	Re_D	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	516.8162	0.0030	400.2480	0.0409	1.0901	35
0.0005	0.0150	1.8775	1.0506	692.0251	0.0045	600.3720	0.0613	1.0901	40
0.0006	0.0200	2.1680	1.2131	851.2904	0.0050	667.0800	0.0681	0.9084	45
0.0007	0.0260	2.4719	1.3831	1028.2931	0.0055	733.7880	0.0749	0.7687	50
0.0008	0.0340	2.8267	1.5817	1247.3862	0.0080	1067.3280	0.1090	0.8550	55
0.0009	0.0420	3.1417	1.7579	1452.3645	0.0100	1334.1600	0.1363	0.8652	60
0.0010	0.0500	3.4279	1.9181	1646.6243	0.0120	1600.9920	0.1635	0.8721	65
0.0011	0.0610	3.7862	2.1186	1900.0875	0.0140	1867.8240	0.1908	0.8340	70
0.0012	0.0720	4.1134	2.3017	2140.9944	0.0160	2134.6560	0.2180	0.8075	75
0.0013	0.0840	4.4430	2.4861	2392.3086	0.0190	2534.9040	0.2589	0.8219	80
0.0014	0.0970	4.7744	2.6715	2653.4553	0.0230	3068.5680	0.3134	0.8616	85
0.0014	0.1100	5.0843	2.8449	2904.9513	0.0270	3602.2320	0.3679	0.8919	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GRe_D	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	516.8162	0.0030	400.2480	0.0409	1.0901	¼
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	516.8162	0.0030	400.2480	0.0409	1.0901	½
0.0004	0.0099	1.5234	0.8524	512.1567	0.0030	400.2480	0.0409	1.1039	¾
0.0004	0.0096	1.5040	0.8415	502.7877	0.0029	382.0549	0.0390	1.0811	1
0.0004	0.0091	1.4644	0.8194	483.8423	0.0027	363.8618	0.0372	1.0860	1¼
0.0004	0.0086	1.4237	0.7966	464.6037	0.0027	363.8618	0.0372	1.1490	1½
0.0004	0.0079	1.3604	0.7612	435.1475	0.0027	363.8618	0.0372	1.2584	1¾
0.0004	0.0071	1.2940	0.7241	404.8939	0.0025	327.4756	0.0334	1.2518	2
0.0003	0.0061	1.1997	0.6713	363.1220	0.0022	291.0895	0.0297	1.2944	2¼
0.0003	0.0053	1.1108	0.6215	324.9757	0.0020	272.8964	0.0279	1.4157	2½
0.0003	0.0041	0.9846	0.5509	273.1753	0.0019	254.7033	0.0260	1.6817	2¾
0.0002	0.0031	0.8570	0.4795	223.6805	0.0016	218.3171	0.0223	1.9028	3
0.0002	0.0021	0.7067	0.3954	169.4473	0.0014	181.9309	0.0186	2.3318	3¼

Tabla 2 n=0.56%

Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	Re_D	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	516.8162	0.0030	400.2480	0.0409	1.0901	35
0.0005	0.0150	1.8775	1.0506	692.0251	0.0040	533.6640	0.0545	0.9690	40
0.0006	0.0200	2.1680	1.2131	851.2904	0.0050	667.0800	0.0681	0.9084	45
0.0007	0.0260	2.4719	1.3831	1028.2931	0.0060	800.4960	0.0818	0.8386	50
0.0008	0.0340	2.8267	1.5817	1247.3862	0.0080	1067.3280	0.1090	0.8550	55
0.0009	0.0420	3.1417	1.7579	1452.3645	0.0100	1334.1600	0.1363	0.8652	60
0.0010	0.0500	3.4279	1.9181	1646.6243	0.0120	1600.9920	0.1635	0.8721	65
0.0011	0.0610	3.7862	2.1186	1900.0875	0.0140	1867.8240	0.1908	0.8340	70
0.0012	0.0720	4.1134	2.3017	2140.9944	0.0170	2268.0720	0.2317	0.8580	75
0.0013	0.0840	4.4430	2.4861	2392.3086	0.0200	2668.3200	0.2725	0.8652	80
0.0014	0.0970	4.7744	2.6715	2653.4553	0.0230	3068.5680	0.3134	0.8616	85
0.0014	0.1100	5.0843	2.8449	2904.9513	0.0270	3602.2320	0.3679	0.8919	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GRe_D	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	516.8162	0.0030	400.2480	0.0409	1.0901	¼
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	516.8162	0.0030	400.2480	0.0409	1.0901	½
0.0004	0.0099	1.5234	0.8524	512.1567	0.0030	400.2480	0.0409	1.1039	¾
0.0004	0.0096	1.5040	0.8415	502.7877	0.0029	382.0549	0.0390	1.0811	1
0.0004	0.0091	1.4644	0.8194	483.8423	0.0027	363.8618	0.0372	1.0860	1¼
0.0004	0.0086	1.4237	0.7966	464.6037	0.0027	363.8618	0.0372	1.1490	1½
0.0004	0.0079	1.3604	0.7612	435.1475	0.0027	363.8618	0.0372	1.2584	1¾
0.0004	0.0071	1.2940	0.7241	404.8939	0.0025	327.4756	0.0334	1.2518	2
0.0003	0.0061	1.1997	0.6713	363.1220	0.0022	291.0895	0.0297	1.2944	2¼
0.0003	0.0053	1.1108	0.6215	324.9757	0.0020	272.8964	0.0279	1.4157	2½
0.0003	0.0041	0.9846	0.5509	273.1753	0.0019	254.7033	0.0260	1.6817	2¾
0.0002	0.0031	0.8570	0.4795	223.6805	0.0016	218.3171	0.0223	1.9028	3
0.0002	0.0021	0.7067	0.3954	169.4473	0.0014	181.9309	0.0186	2.3318	3¼

Tabla 3 n=0.56%

Tabla 3 n=0.56%									
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	Re_D	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	hf	f	% Operación
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	516.8162	0.0030	400.2480	0.0409	1.0901	35
0.0005	0.0150	1.8775	1.0506	692.0251	0.0040	533.6640	0.0545	0.9690	40
0.0006	0.0200	2.1680	1.2131	851.2904	0.0050	667.0800	0.0681	0.9084	45
0.0007	0.0260	2.4719	1.3831	1028.2931	0.0060	800.4960	0.0818	0.8386	50
0.0008	0.0340	2.8267	1.5817	1247.3862	0.0080	1067.3280	0.1090	0.8550	55
0.0009	0.0420	3.1417	1.7579	1452.3645	0.0100	1334.1600	0.1363	0.8652	60
0.0010	0.0500	3.4279	1.9181	1646.6243	0.0120	1600.9920	0.1635	0.8721	65
0.0011	0.0610	3.7862	2.1186	1900.0875	0.0140	1867.8240	0.1908	0.8340	70
0.0012	0.0720	4.1134	2.3017	2140.9944	0.0170	2268.0720	0.2317	0.8580	75
0.0013	0.0840	4.4430	2.4861	2392.3086	0.0200	2668.3200	0.2725	0.8652	80
0.0014	0.0970	4.7744	2.6715	2653.4553	0.0230	3068.5680	0.3134	0.8616	85
0.0014	0.1100	5.0843	2.8449	2904.9513	0.0270	3602.2320	0.3679	0.8919	90
Gasto (m3/s)	$\Delta h_{\text{mercurio}}$	V2 (m/s)	V1 (m/s)	GRe_D	$\Delta h_{\text{perdidas}}$	ΔP	Hf	f	Cierre Válvula de Compuerta
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	516.8162	0.0030	400.2480	0.0409	1.0901	¼
0.0004	0.0100	1.5330	0.8578	516.8162	0.0030	400.2480	0.0409	1.0901	½
0.0004	0.0099	1.5234	0.8524	512.1567	0.0030	400.2480	0.0409	1.1039	¾
0.0004	0.0096	1.5040	0.8415	502.7877	0.0029	382.0549	0.0390	1.0811	1
0.0004	0.0091	1.4644	0.8194	483.8423	0.0027	363.8618	0.0372	1.0860	1¼
0.0004	0.0086	1.4237	0.7966	464.6037	0.0027	363.8618	0.0372	1.1490	1½
0.0004	0.0079	1.3604	0.7612	435.1475	0.0027	363.8618	0.0372	1.2584	1¾
0.0004	0.0071	1.2940	0.7241	404.8939	0.0025	327.4756	0.0334	1.2518	2
0.0003	0.0061	1.1997	0.6713	363.1220	0.0022	291.0895	0.0297	1.2944	2¼
0.0003	0.0053	1.1108	0.6215	324.9757	0.0020	272.8964	0.0279	1.4157	2½
0.0003	0.0041	0.9846	0.5509	273.1753	0.0019	254.7033	0.0260	1.6817	2¾
0.0002	0.0031	0.8570	0.4795	223.6805	0.0016	218.3171	0.0223	1.9028	3
0.0002	0.0021	0.7067	0.3954	169.4473	0.0014	181.9309	0.0186	2.3318	3¼

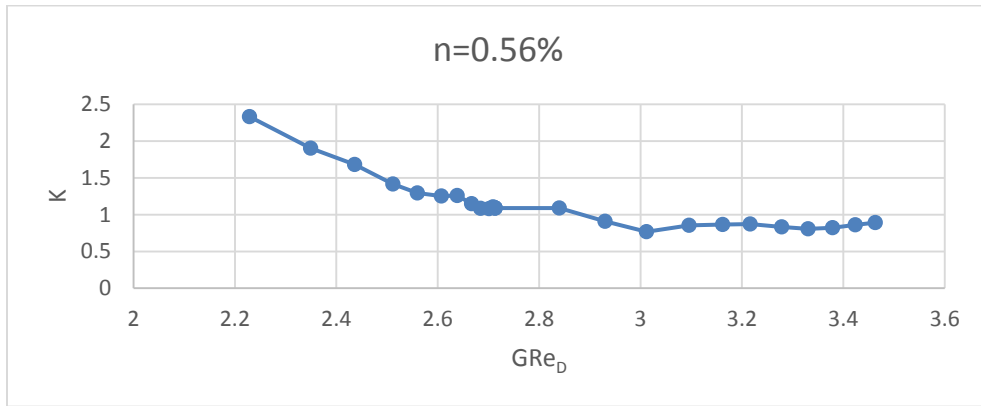


Figura 58 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 1 n=0.56%

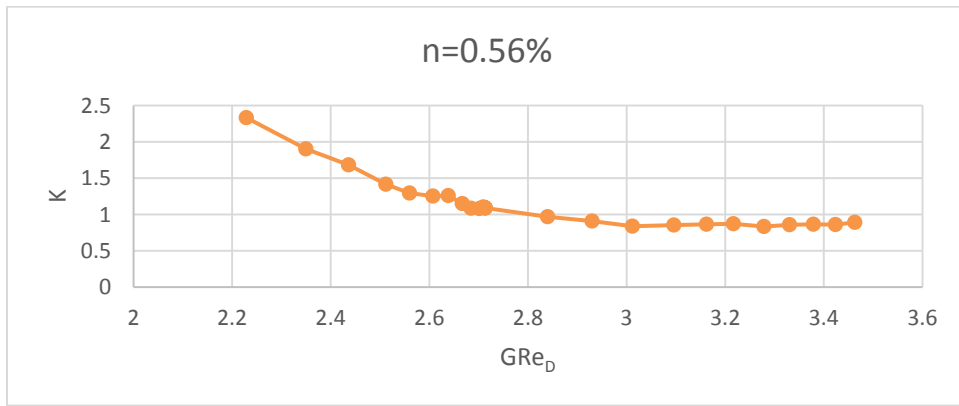


Figura 59 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 2 n=0.56%

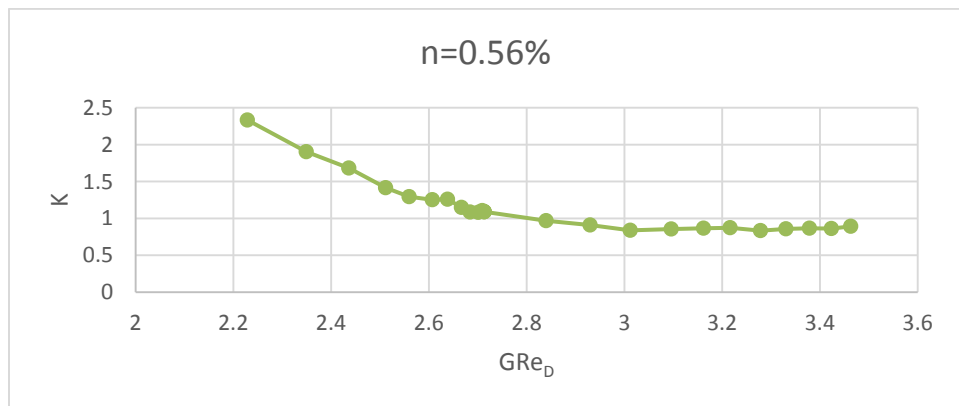


Figura 60 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GRe_D) para la Tabla 3 n=0.56%

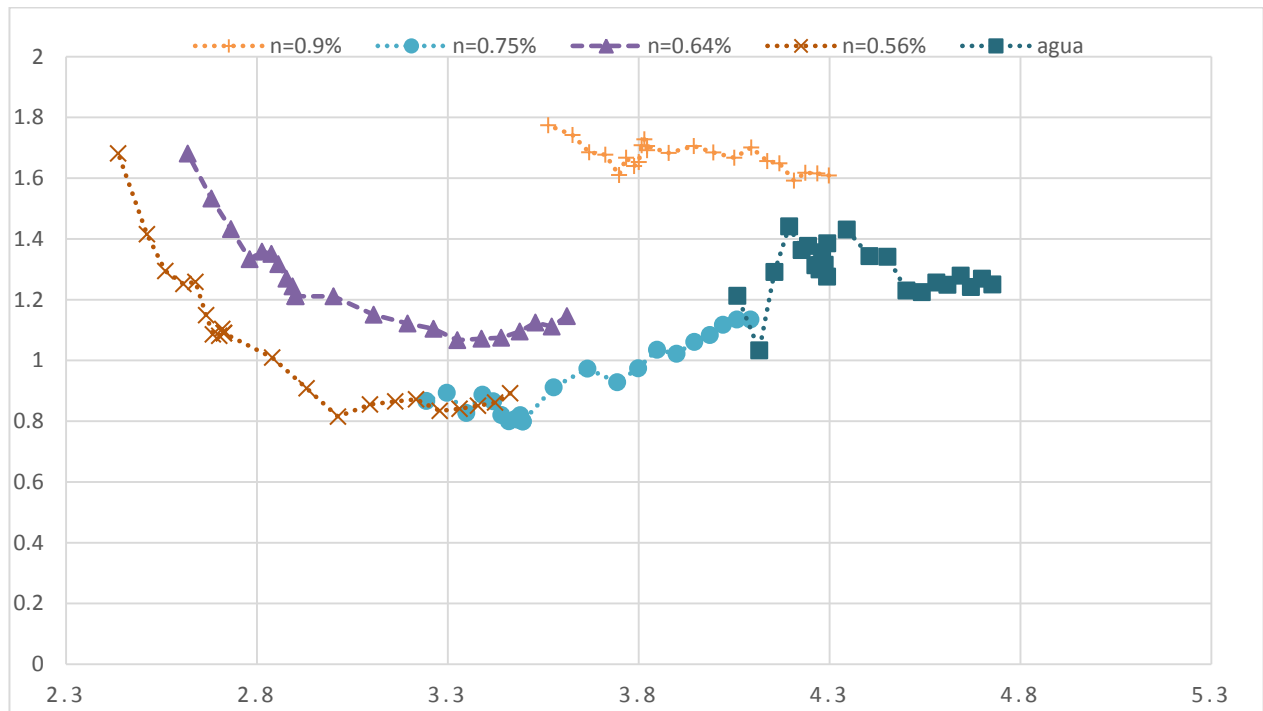
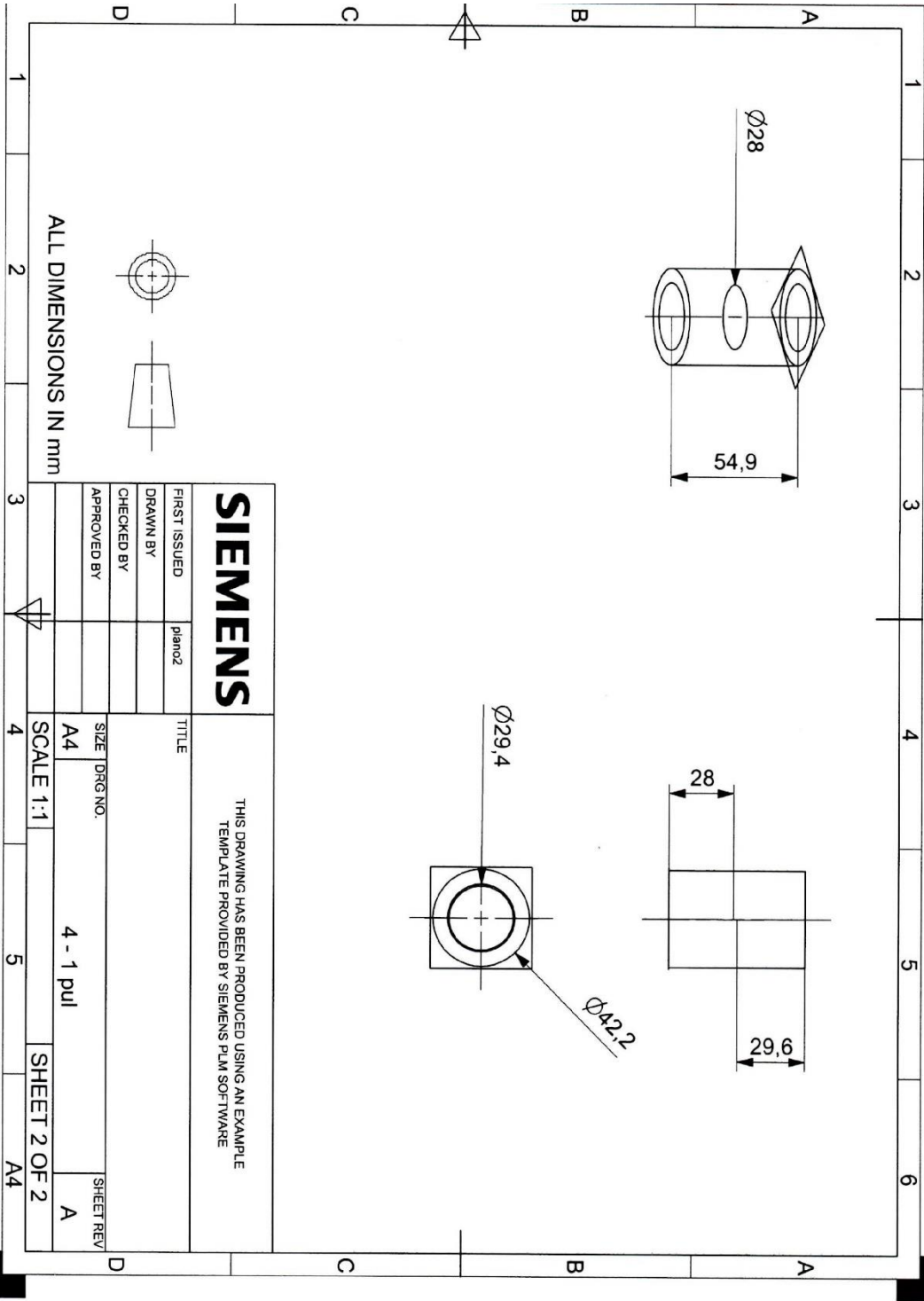


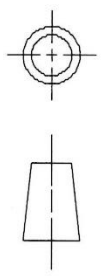
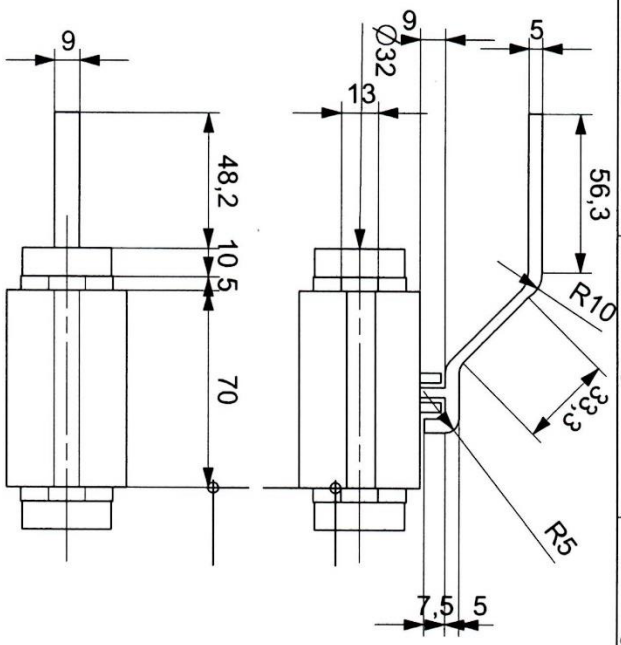
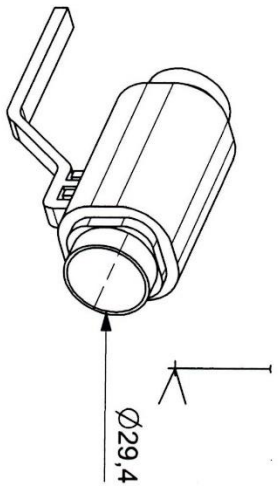
Figura 61 Grafica del factor de fricción en función (K) del número de Reynolds Generalizado (GR_{eD}) para $n=0.90$, $n=0.75$, $n=0.64$, $n=0.56$ y el agua

APÉNDICE DE PLANOS

Planos



2	3	4	5	6
---	---	---	---	---



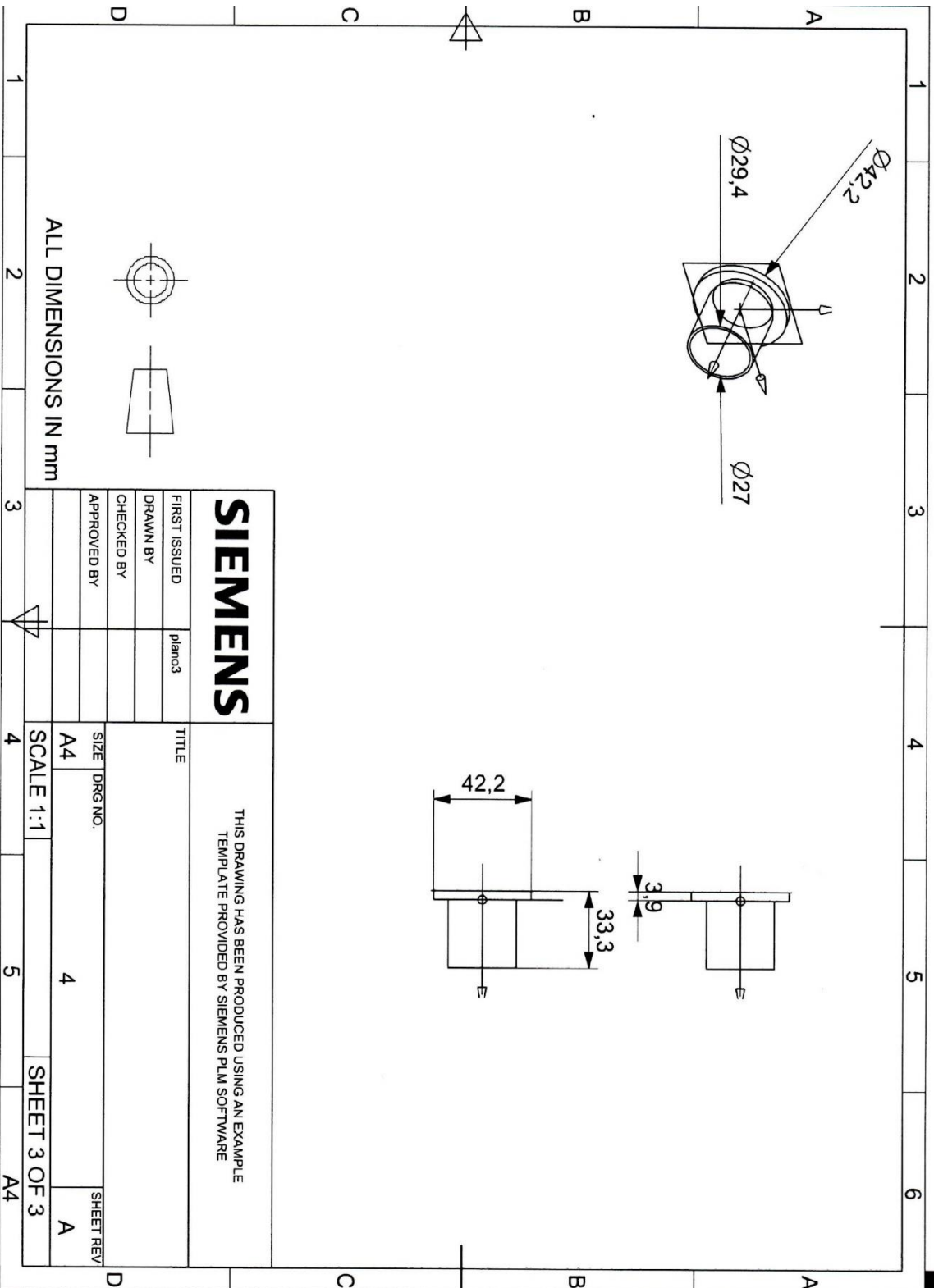
ALL DIMENSIONS IN mm

2	3	4	5	6
---	---	---	---	---

SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	TITLE
DRAWN BY	SIZE DRG NO.
CHECKED BY	A4
APPROVED BY	SCALE 1:1
	valvula de esfera
	SHEET 1 OF 1
	A4

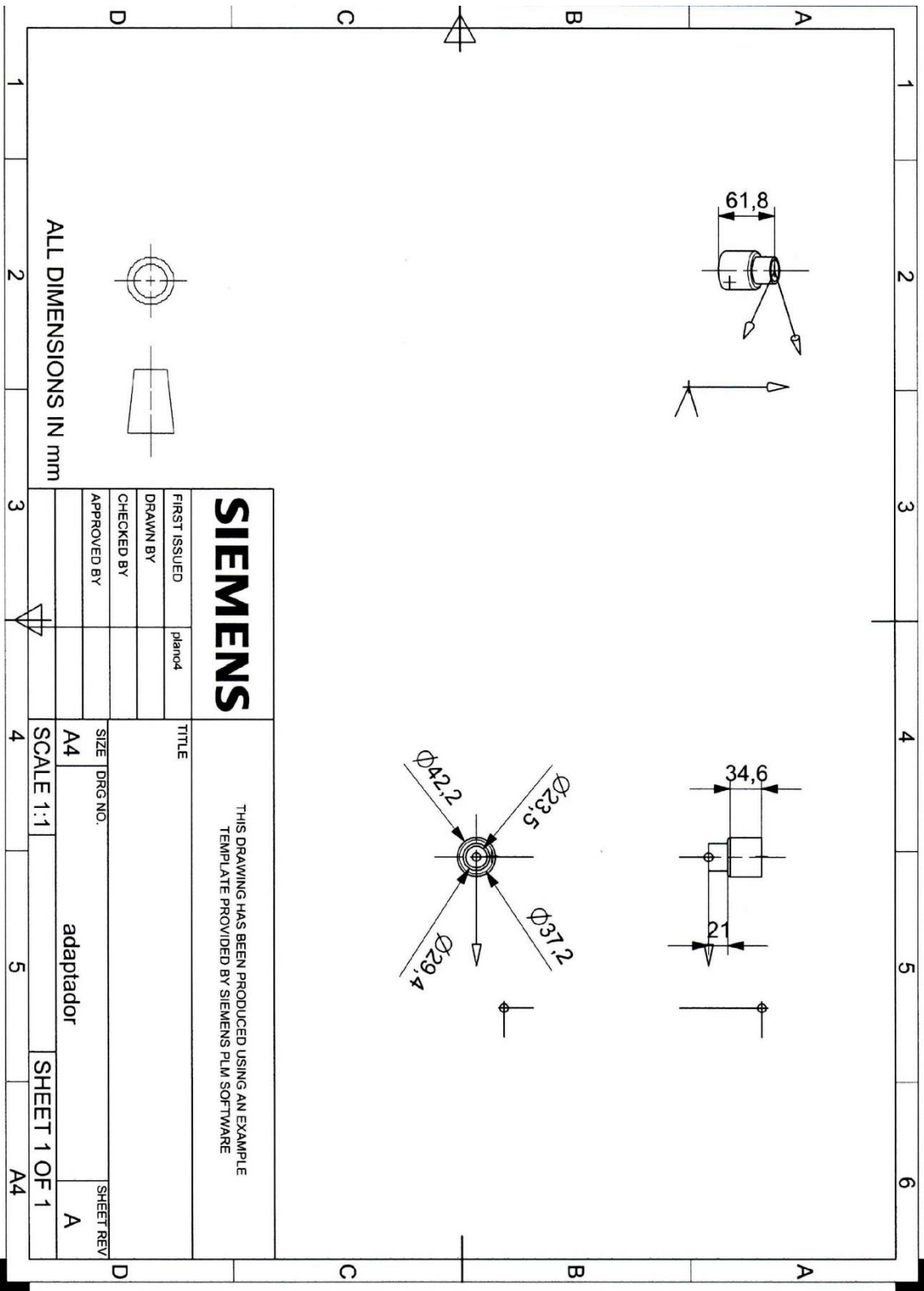


SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	plano3			TITLE			
DRAWN BY				SIZE	DRG NO.		
CHECKED BY				A4	4		
APPROVED BY				SCALE 1:1	SHEET 3 OF 3		SHEET REV
				4	A4		A

ALL DIMENSIONS IN mm



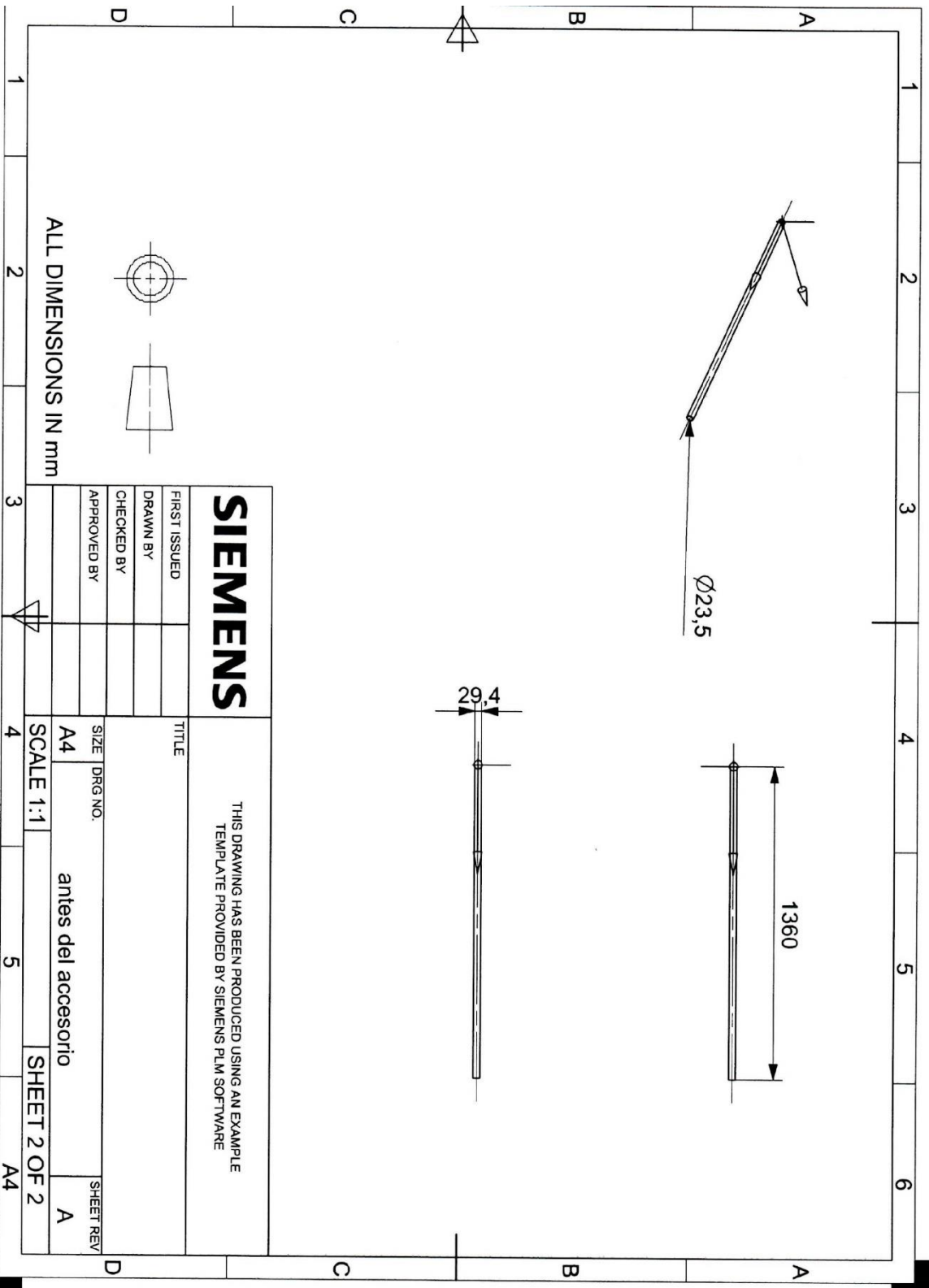
ALL DIMENSIONS IN mm

SIEMENS

FIRST ISSUED	plano4
DRAWN BY	
CHECKED BY	
APPROVED BY	

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

TITLE	adaptor		
SIZE	DRG NO.	SHEET REV	
A4		A	
SCALE 1:1		SHEET 1 OF 1	A4



ALL DIMENSIONS IN mm

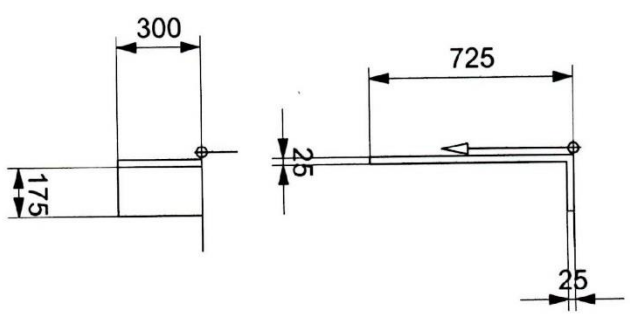
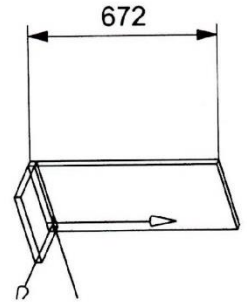
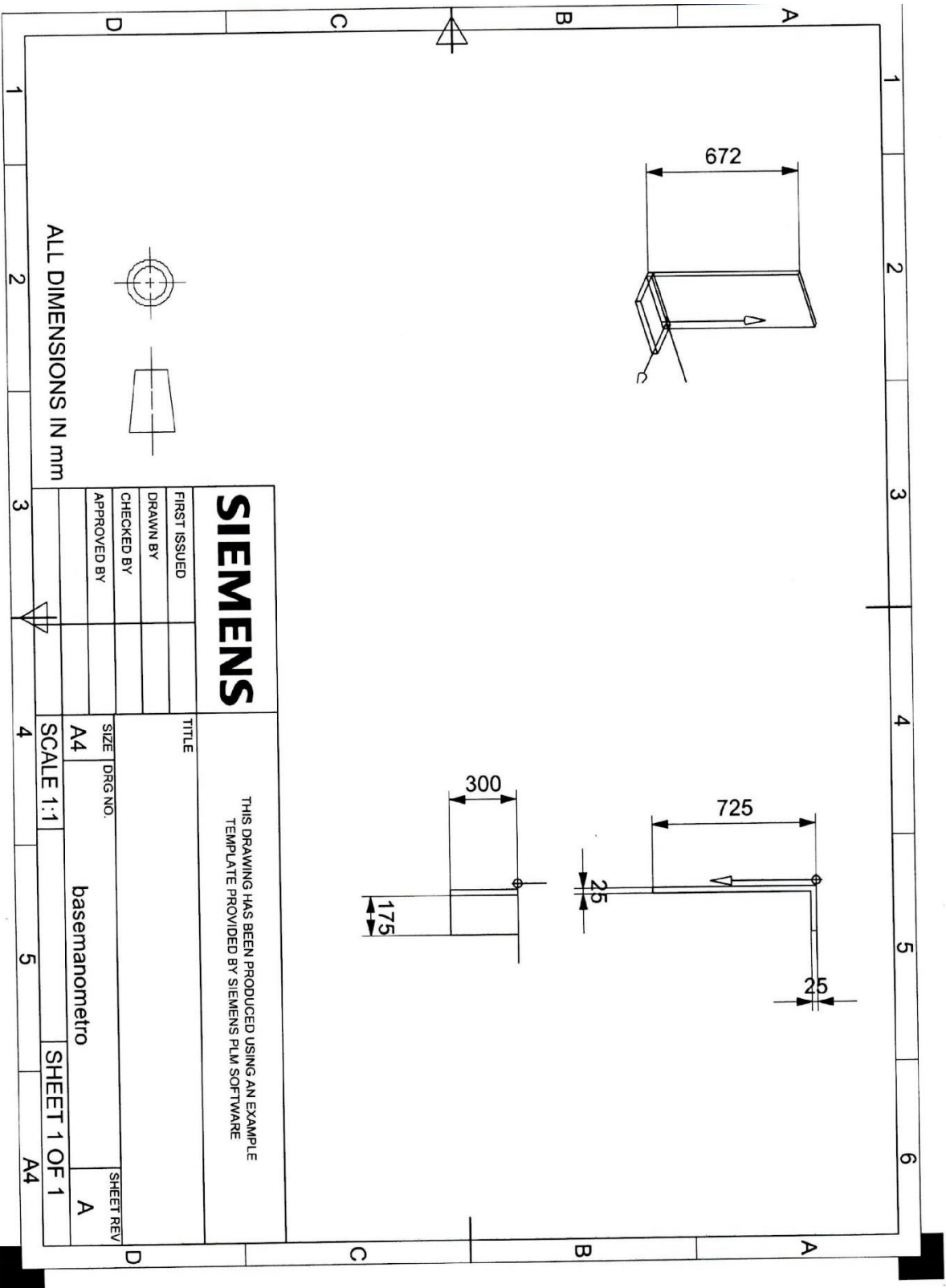
SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
 TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY		SIZE DRG NO.	
CHECKED BY		A4	
APPROVED BY		SCALE 1:1	
		antes del accesorio	
		SHEET 2 OF 2	
		SHEET REV A	

1 2 3 4 5 6

A B C D

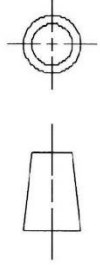
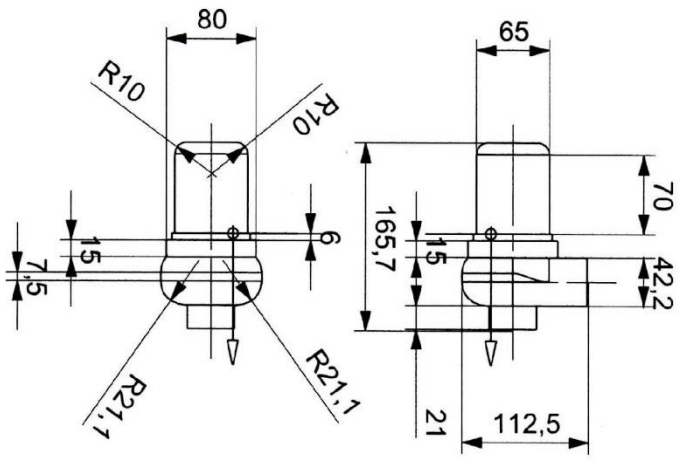
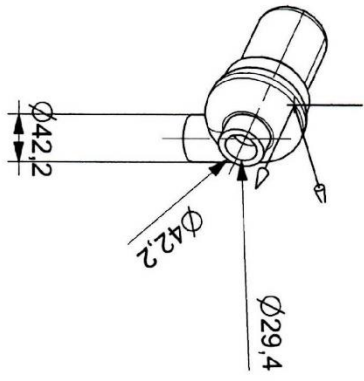


ALL DIMENSIONS IN mm

SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
 TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	TITLE	SIZE / DRG. NO.		SHEET REV.
DRAWN BY		A4		A
CHECKED BY		basemanometro		
APPROVED BY		SCALE 1:1	SHEET 1 OF 1	
				A4

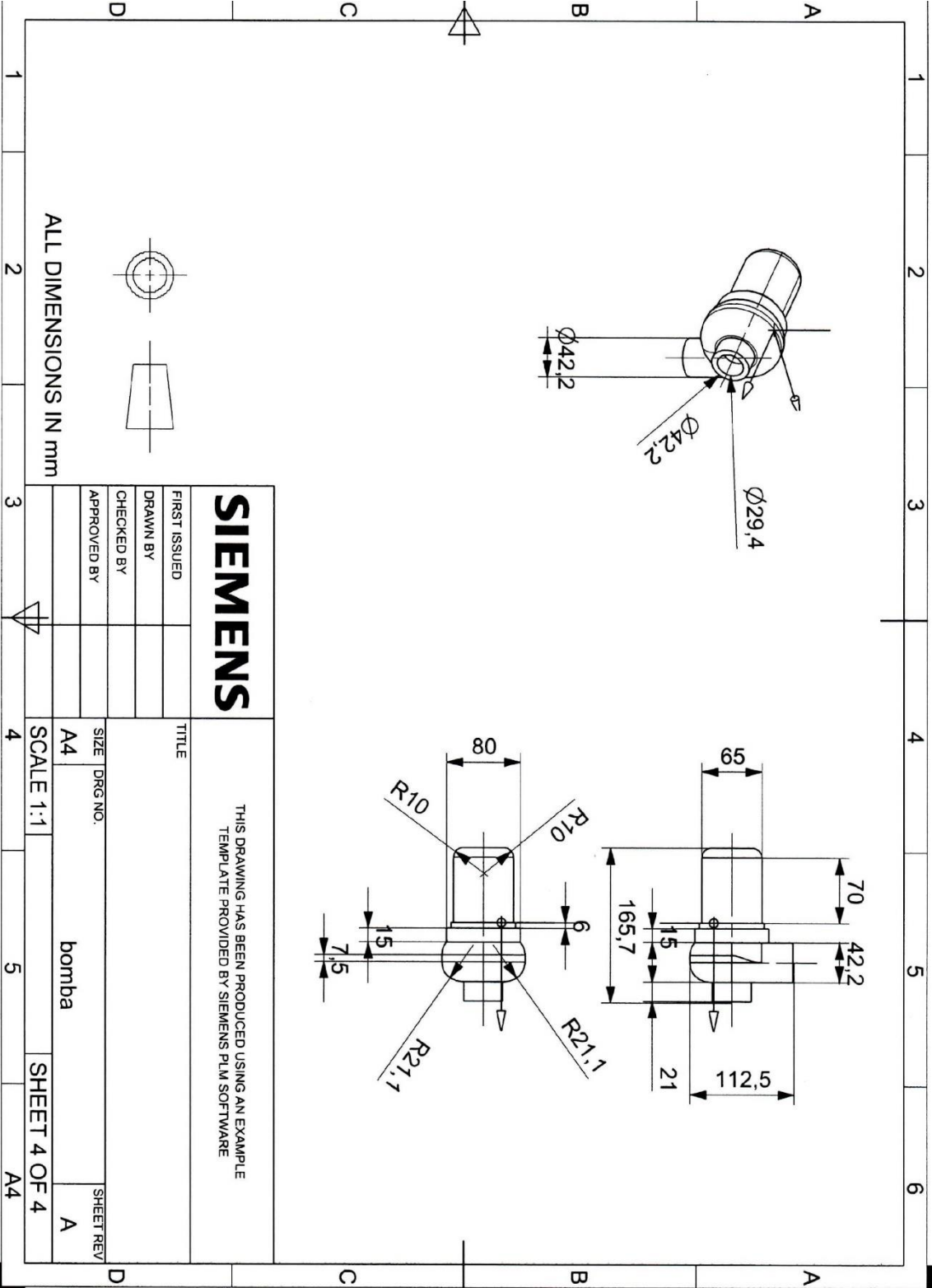


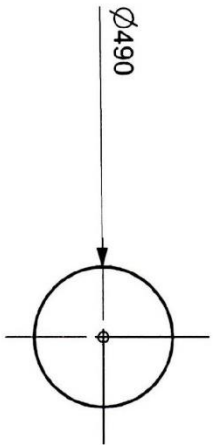
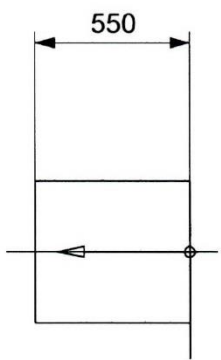
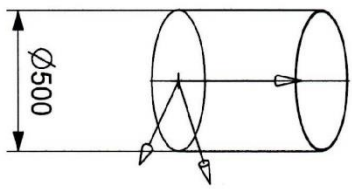
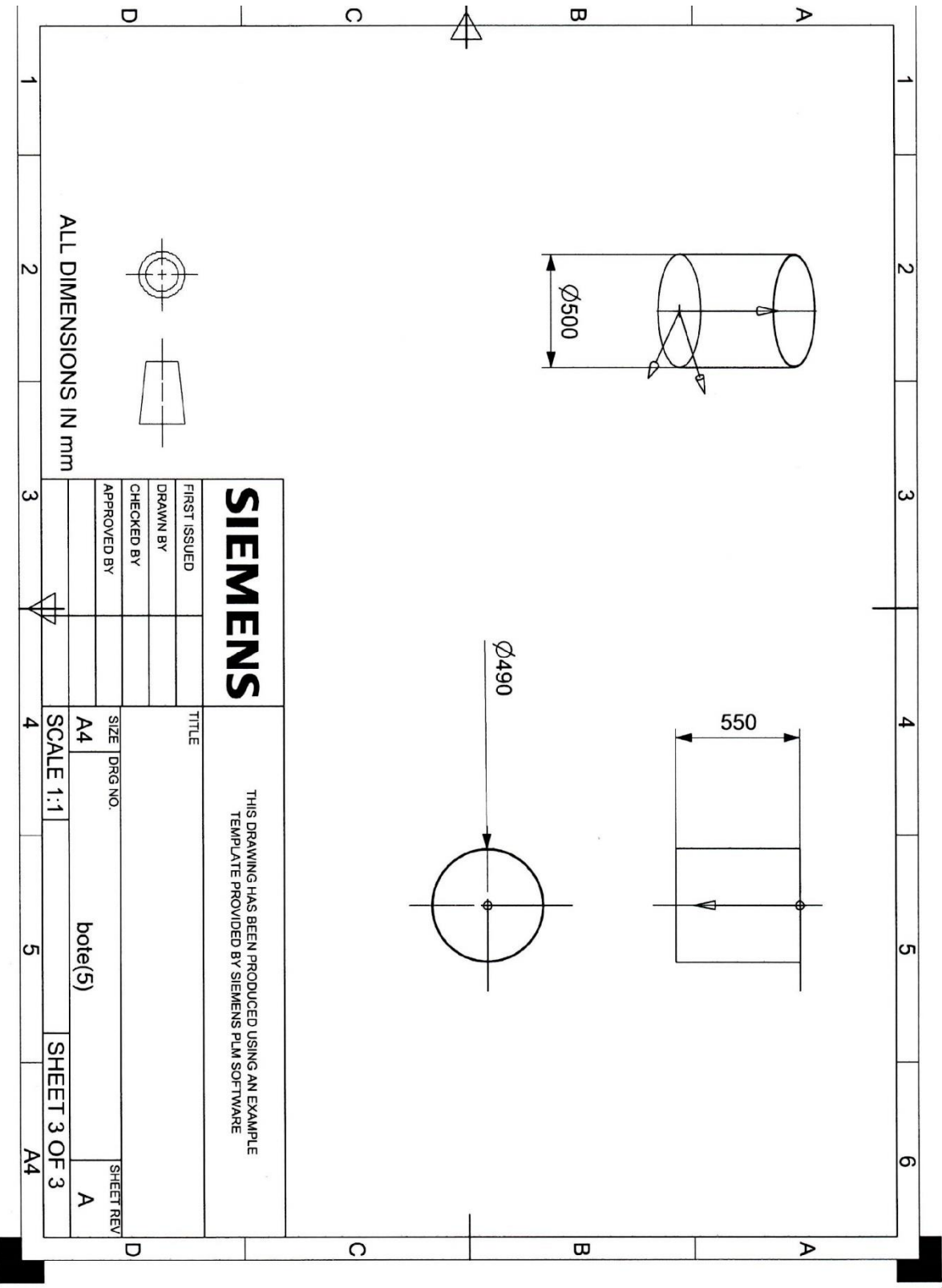
ALL DIMENSIONS IN mm

SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	TITLE	SIZE	DRG NO.	SHEET REV
DRAWN BY		A4		A
CHECKED BY		SCALE 1:1	bomba	
APPROVED BY			SHEET 4 OF 4	





ALL DIMENSIONS IN mm

SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY		SIZE DRG NO.	
CHECKED BY		A4	
APPROVED BY		SCALE 1:1	
		bote(5)	
		SHEET 3 OF 3	
		SHEET REV	
		A	

1 2 3 4 5 6

A

A

B

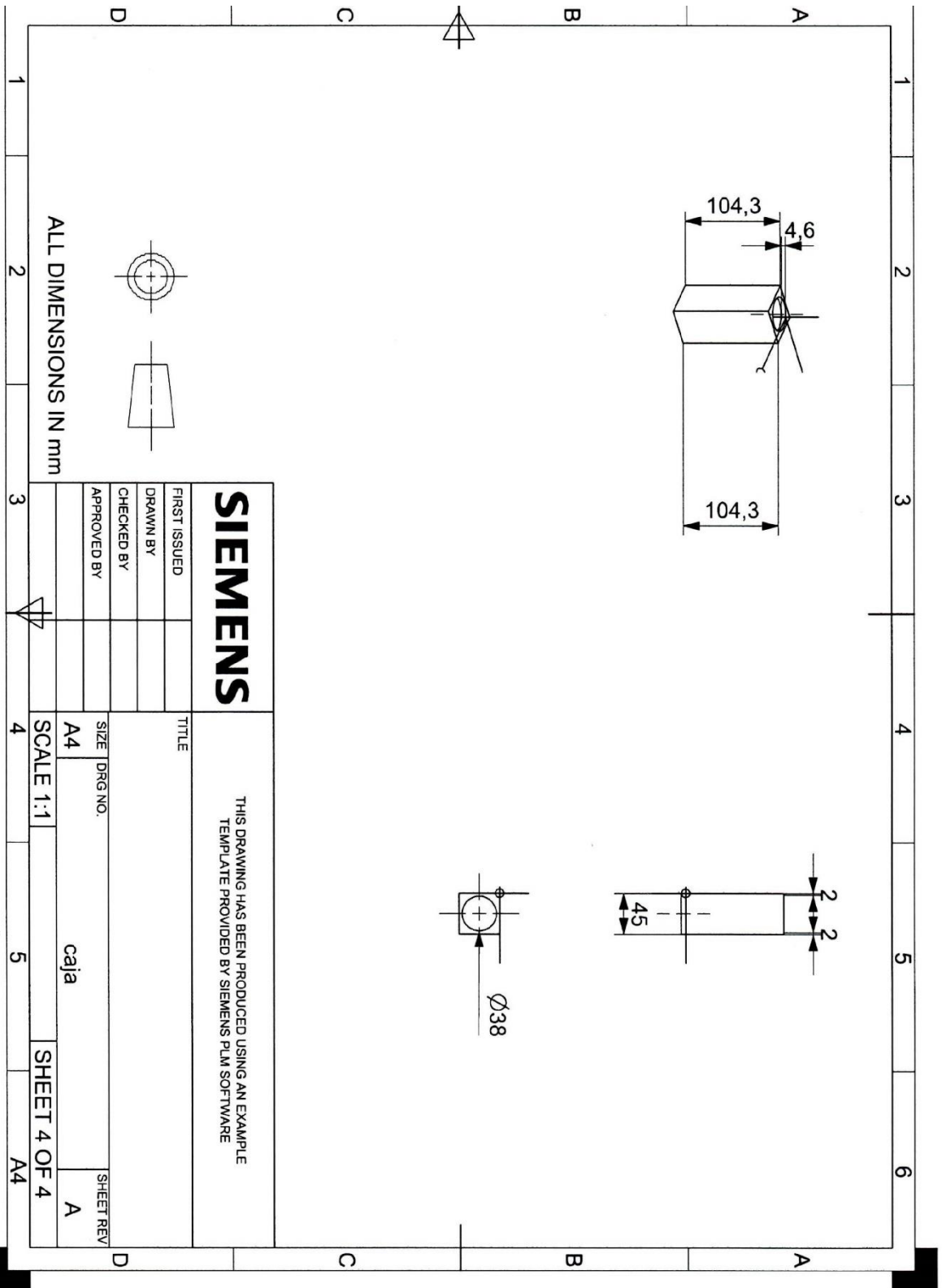
B

C

C

D

D



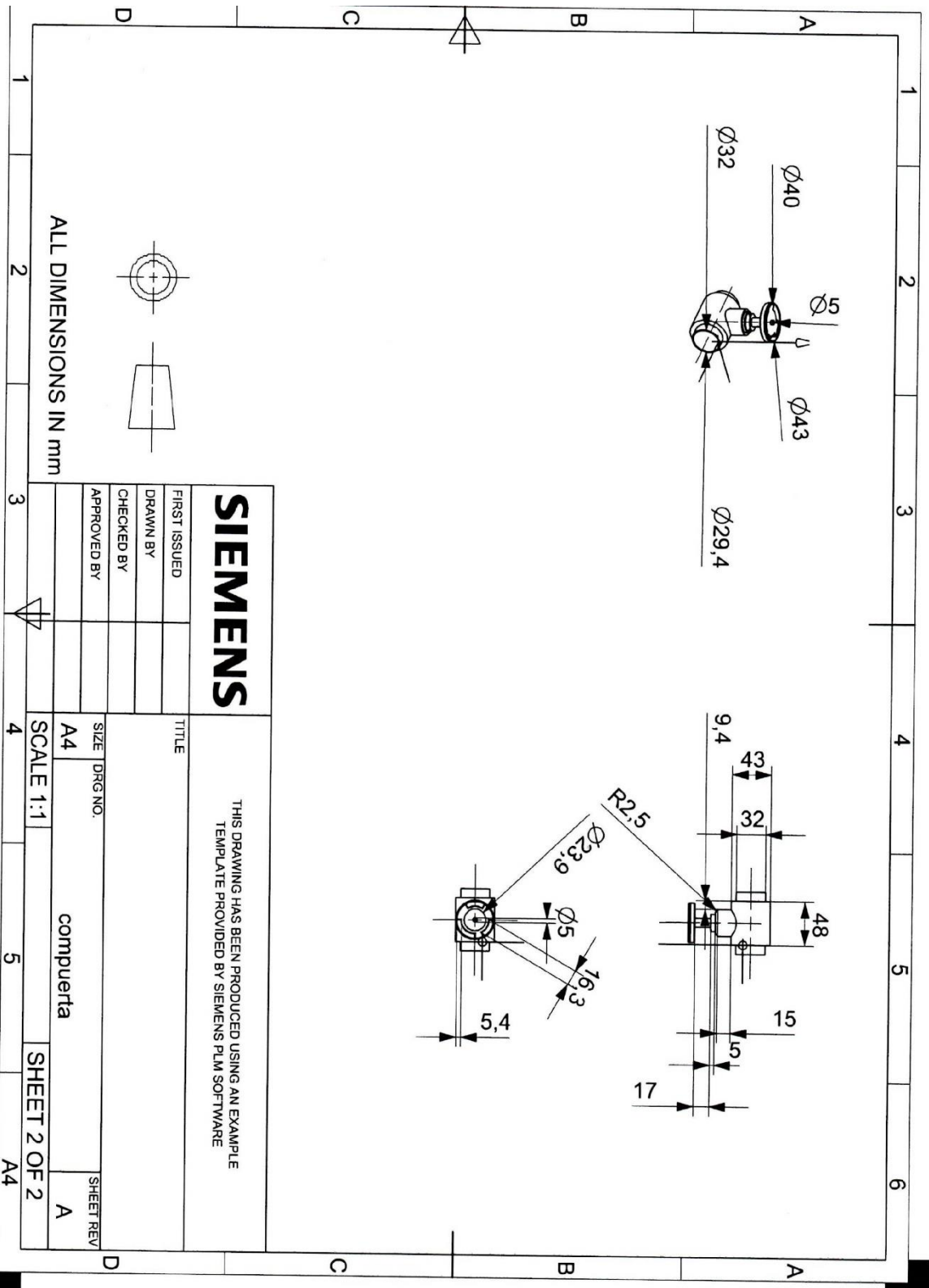
SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
 TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

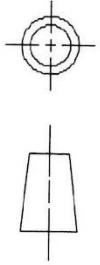
FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY		SIZE DRG NO.	
CHECKED BY		SCALE 1:1	
APPROVED BY		SHEET 4 OF 4	
		SHEET REV	
		A	
		caja	

ALL DIMENSIONS IN mm

1 2 3 4 5 6 A B C D



ALL DIMENSIONS IN mm



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

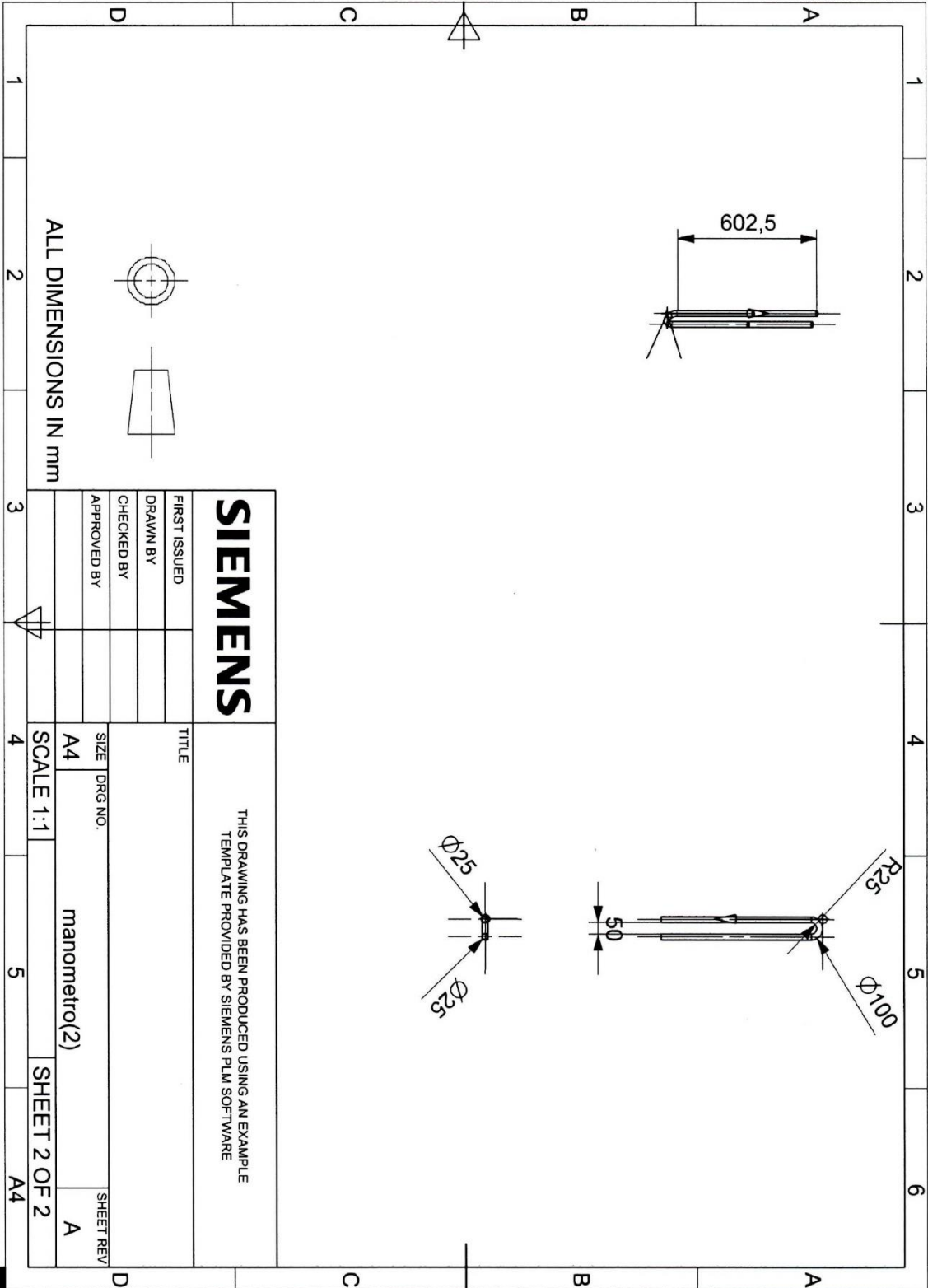
FIRST ISSUED	TITLE	SIZE DRG NO.		SHEET REV
DRAWN BY		A4	computa	A
CHECKED BY		SCALE 1:1	SHEET 2 OF 2	
APPROVED BY				

1 2 3 4 5 6

A B C D

1 2 3 4 5 6

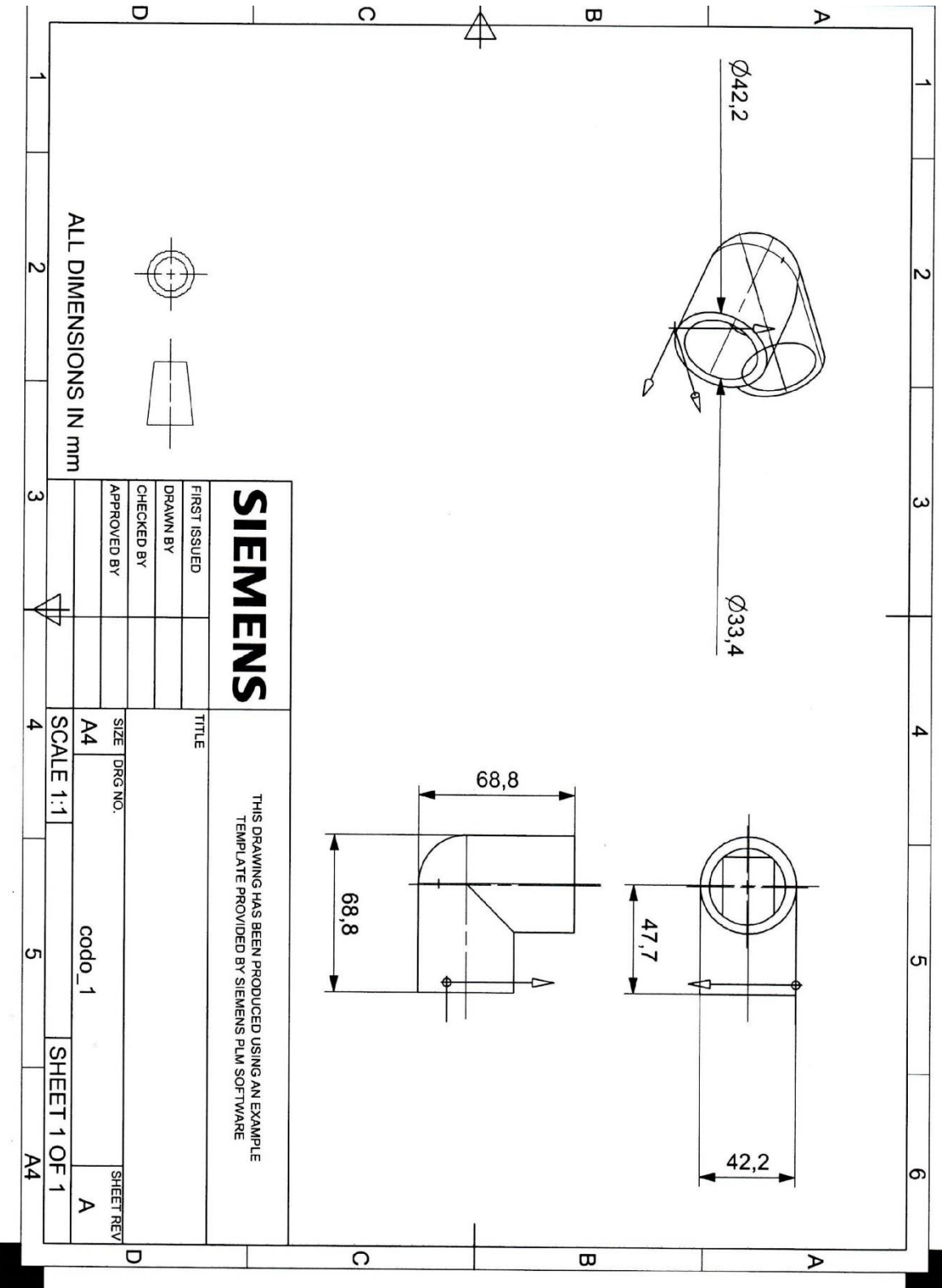
A B C D



ALL DIMENSIONS IN mm



SIEMENS		FIRST ISSUED		TITLE	
		DRAWN BY		THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE	
		CHECKED BY		SIZE / DRG. NO.	
		APPROVED BY		SCALE 1:1	
		A4		manometro(2)	
		SCALE 1:1		SHEET 2 OF 2	
		A4		SHEET REV. A	



ALL DIMENSIONS IN mm



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

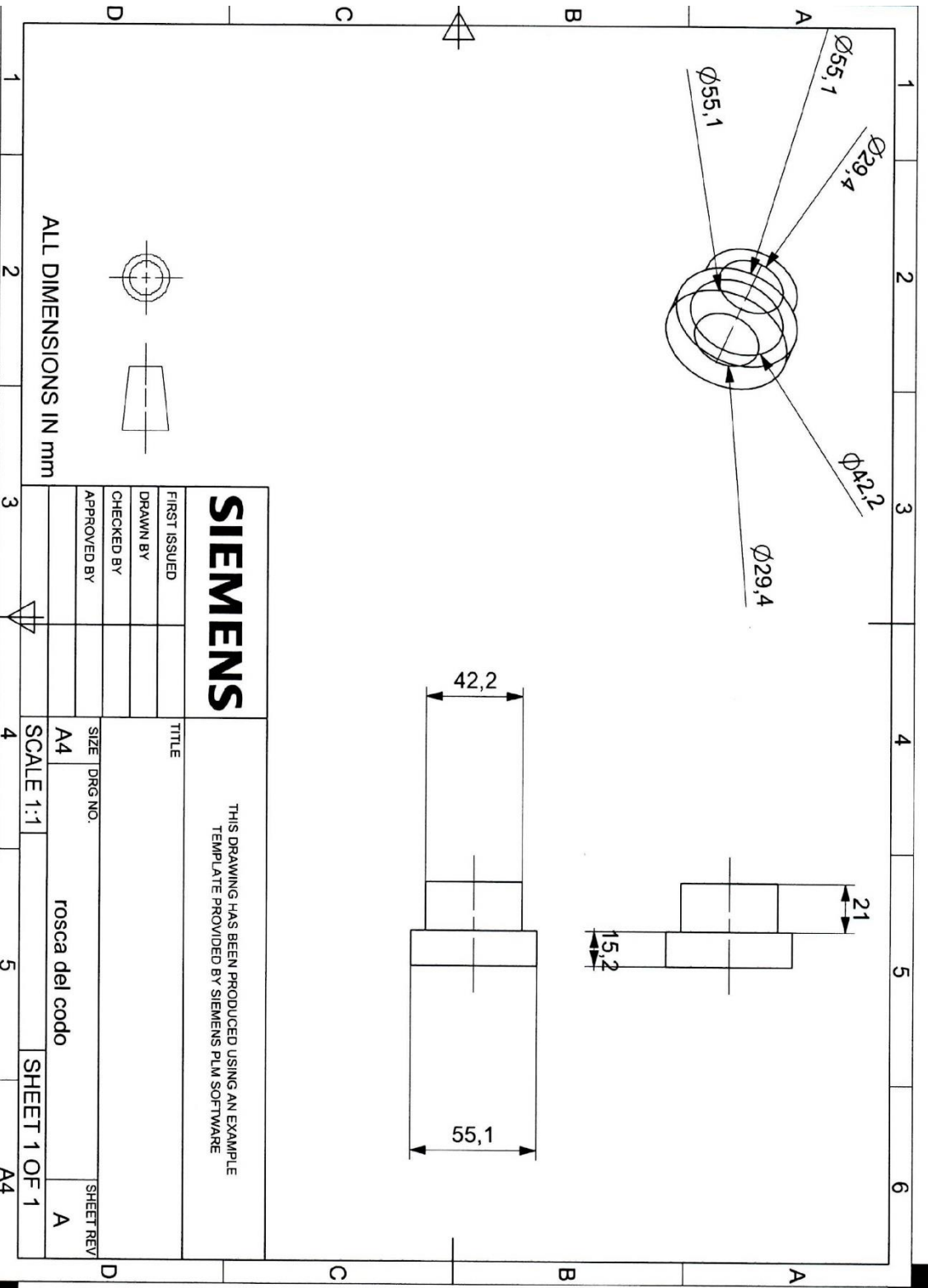
FIRST ISSUED	TITLE	SIZE / DRG NO.		SHEET REV
DRAWN BY		A4	cod0_1	A
CHECKED BY		SCALE 1:1	SHEET 1 OF 1	
APPROVED BY				

1 2 3 4 5 6

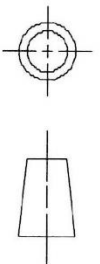
A B C D

1 2 3 4 5 6

A B C D



ALL DIMENSIONS IN mm



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

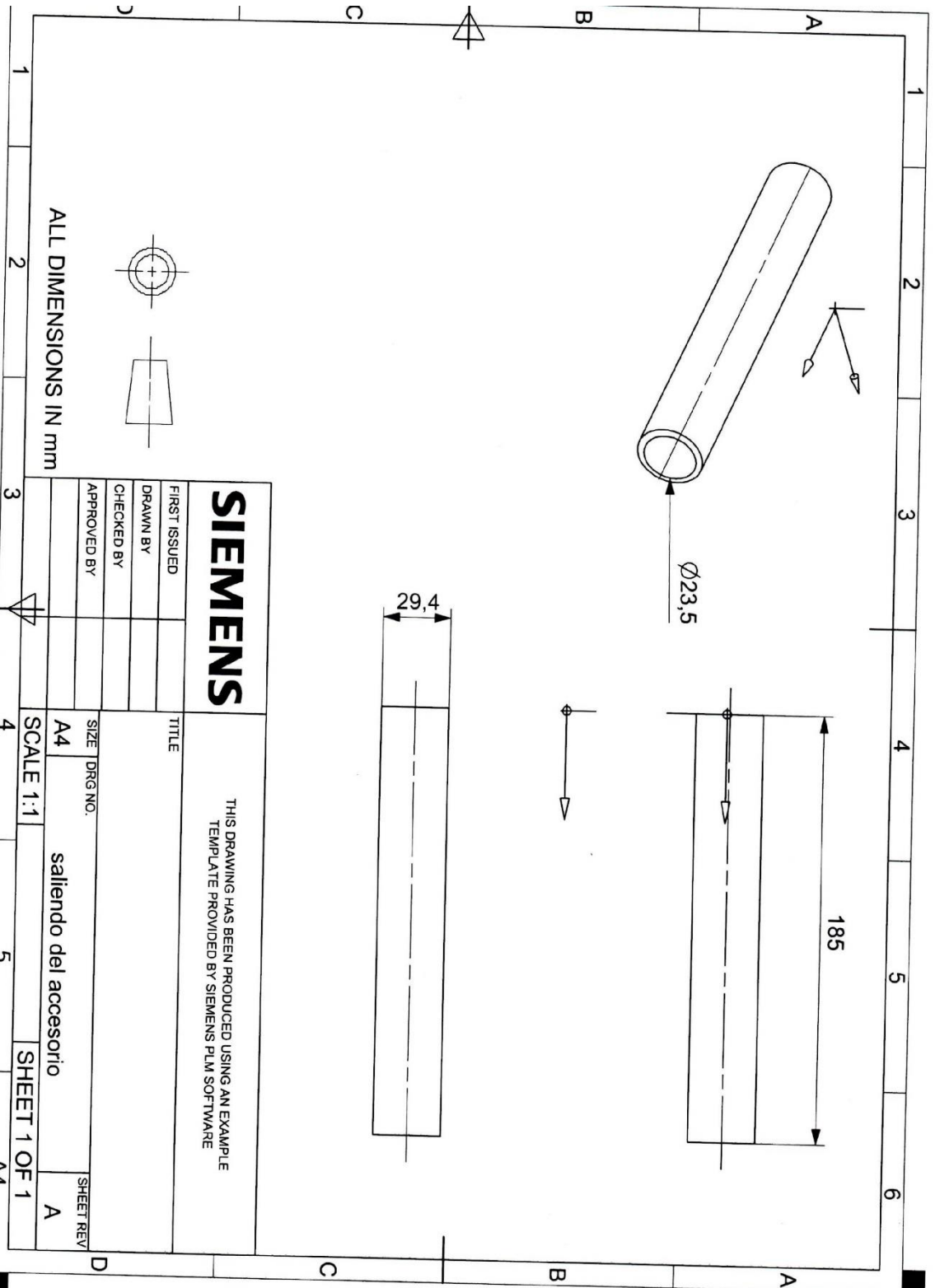
FIRST ISSUED	TITLE	SIZE DRG NO.		SHEET REV
DRAWN BY		A4	rosca del codo	A
CHECKED BY		SCALE 1:1		
APPROVED BY			SHEET 1 OF 1	

1 2 3 4 5 6

A B C D

1 2 3 4 5

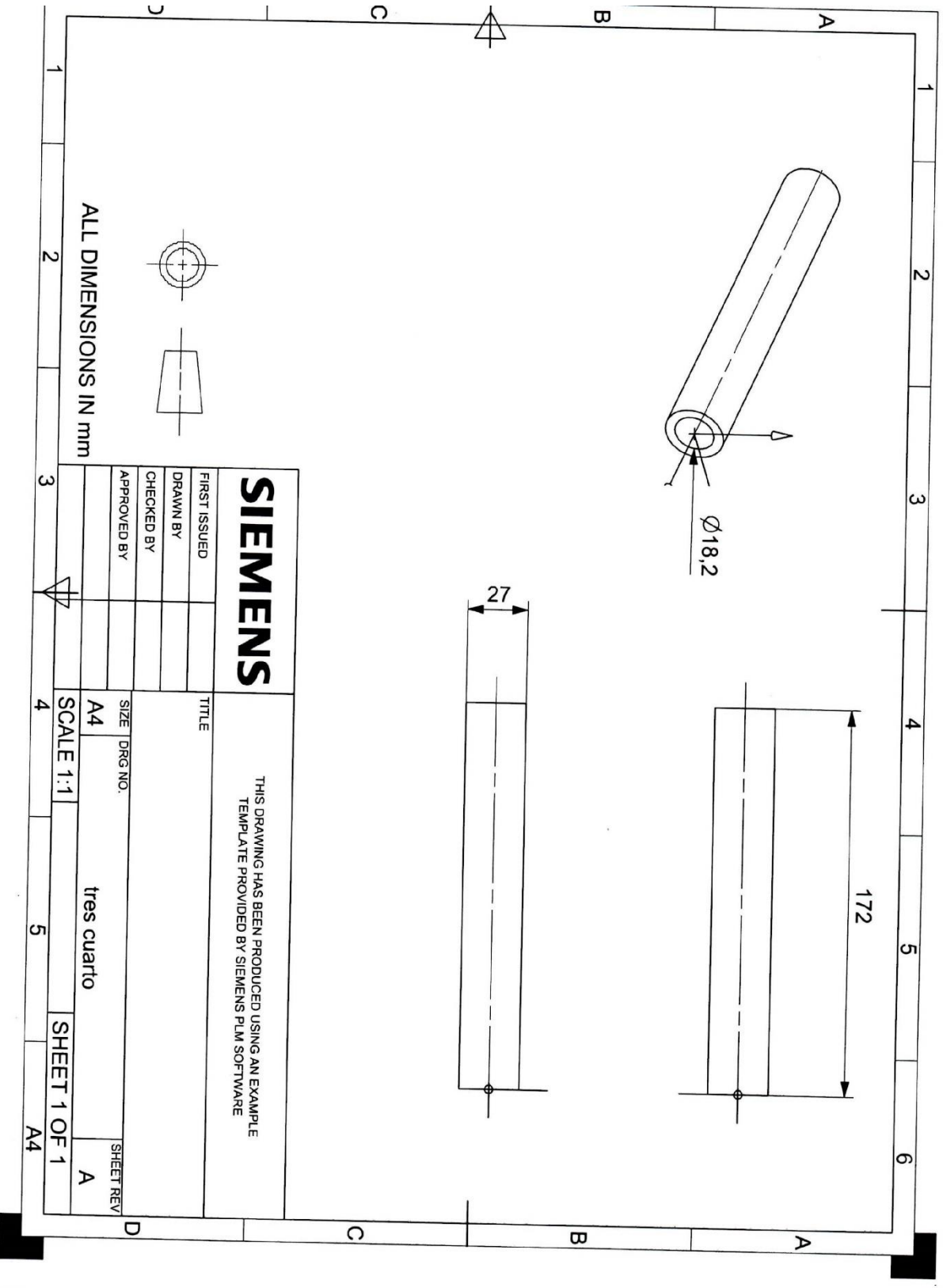
A B C D



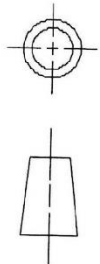
ALL DIMENSIONS IN mm



SIEMENS		THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE	
FIRST ISSUED	TITLE	SIZE	DRG NO.
DRAWN BY		A4	
CHECKED BY		SCALE 1:1	saliendo del accesorio
APPROVED BY			SHEET 1 OF 1
			A4



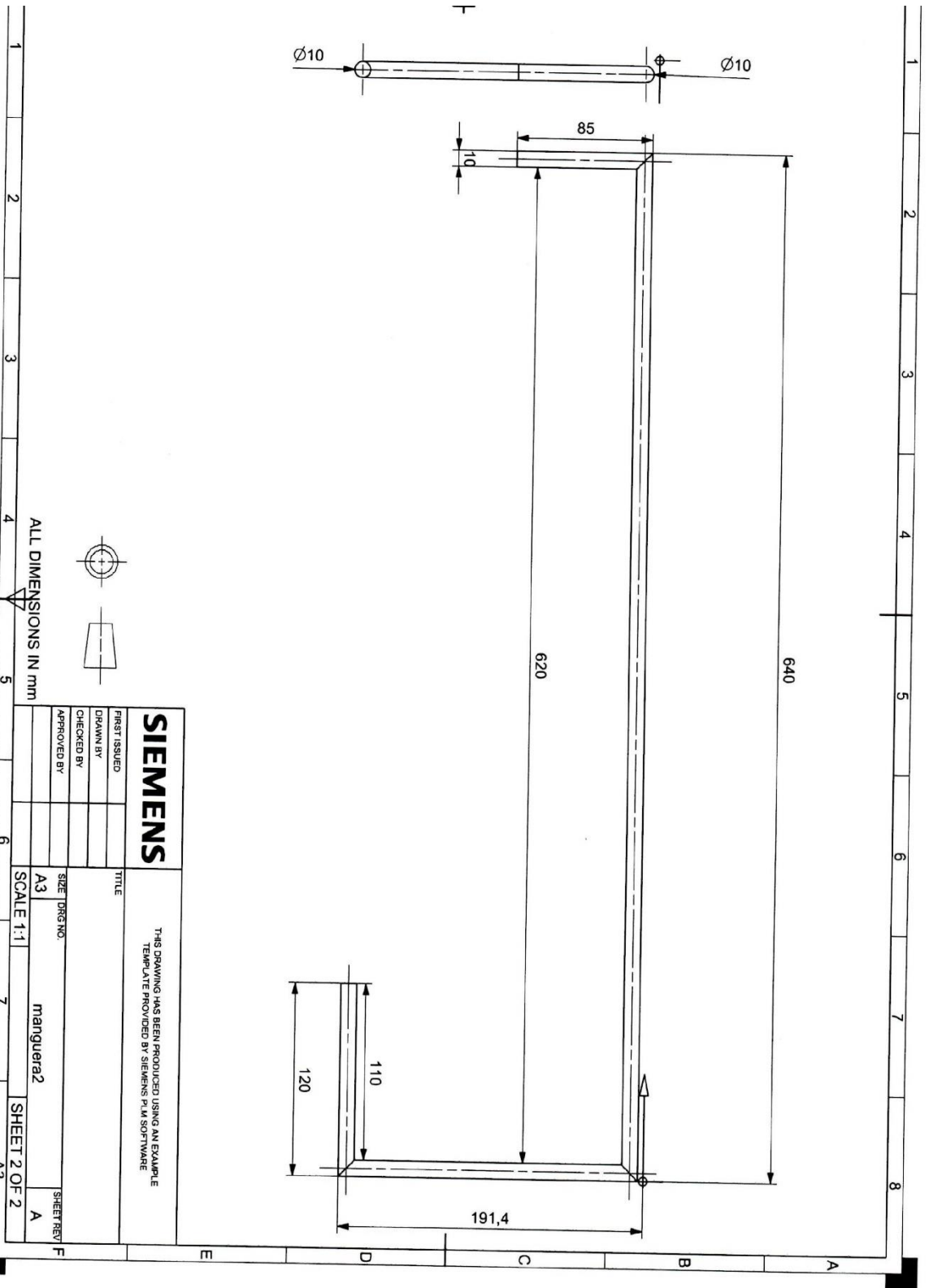
ALL DIMENSIONS IN mm



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	TITLE	SIZE	DRG NO.	SHEET REV
DRAWN BY		A4	tres cuarto	A
CHECKED BY		SCALE 1:1		
APPROVED BY				
			SHEET 1 OF 1	A4



ALL DIMENSIONS IN mm

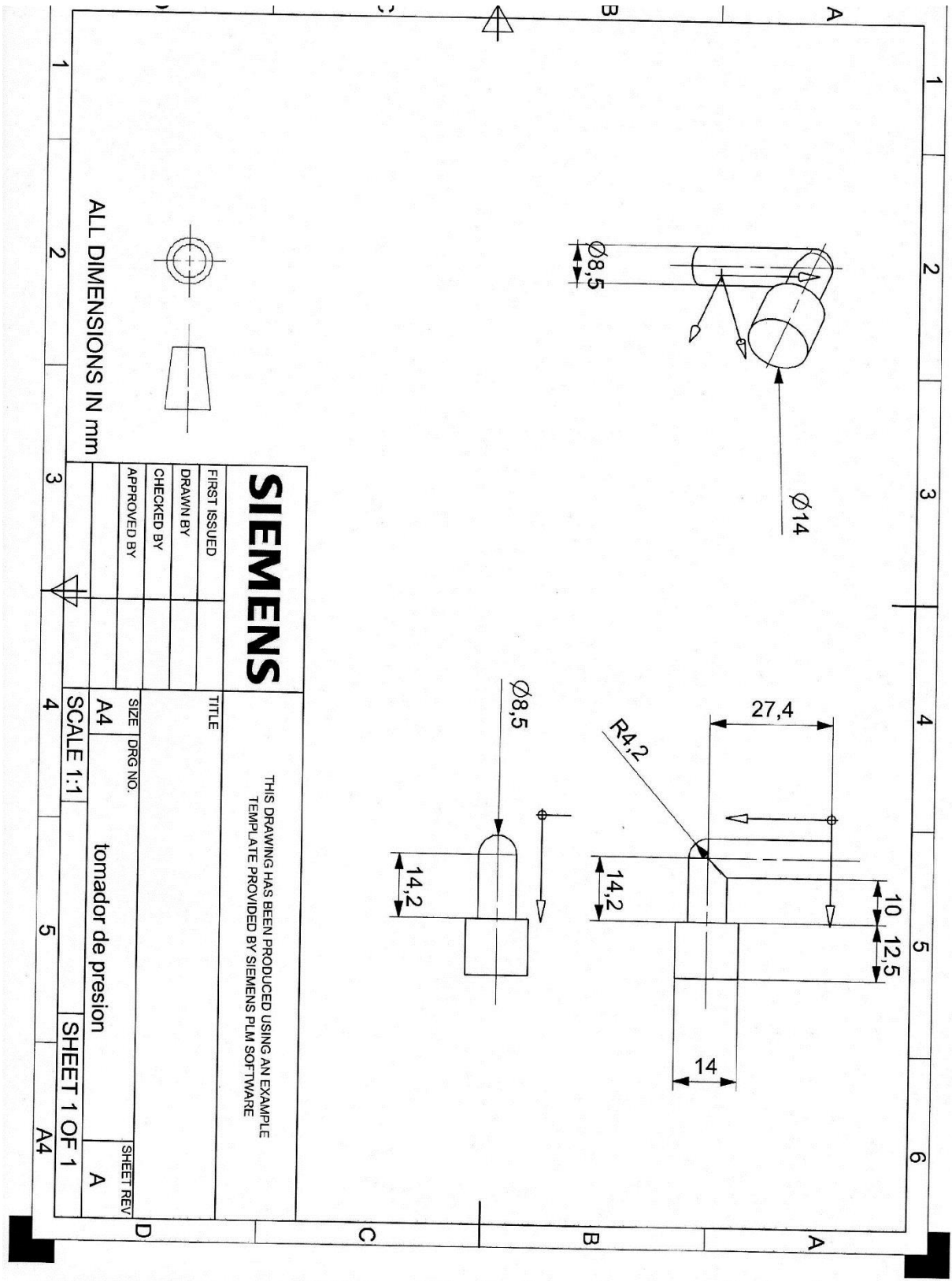
SIEMENS <small>THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE</small>		TITLE	
		FIRST ISSUED	
		DRAWN BY	
CHECKED BY		SIZE	DWG NO.
APPROVED BY		A3	manguera2
SCALE 1:1		SHEET REV	
7		A	
6		SHEET 2 OF 2	
5		A3	



1 2 3 4 5 6 7 8

1 2 3 4 5 6 7 8

A B C D E F



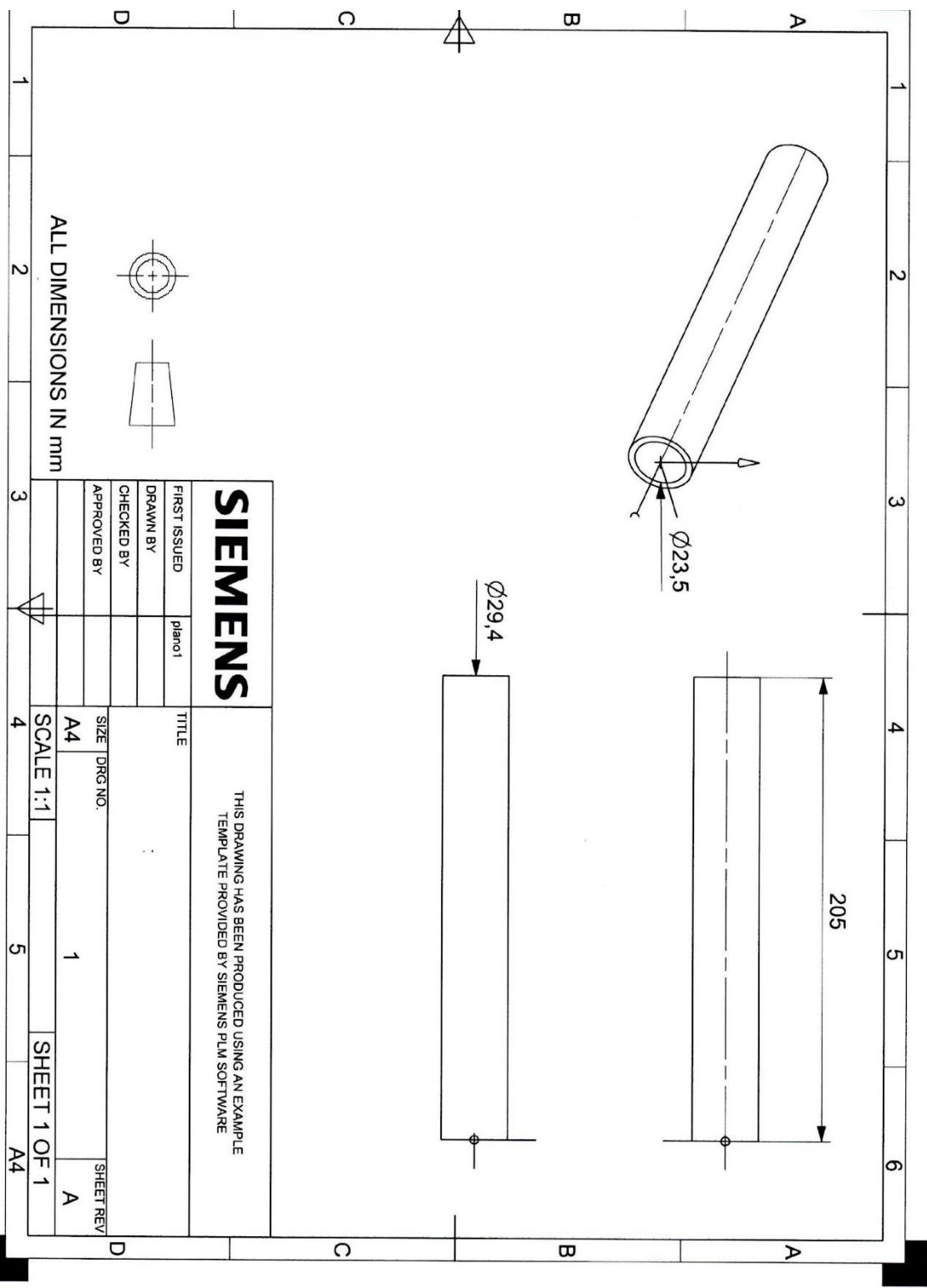
ALL DIMENSIONS IN mm

SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	TITLE
DRAWN BY	SIZE DRG NO.
CHECKED BY	A4
APPROVED BY	SCALE 1:1
	tomador de presion
	SHEET 1 OF 1
	SHEET REV
	A

A4

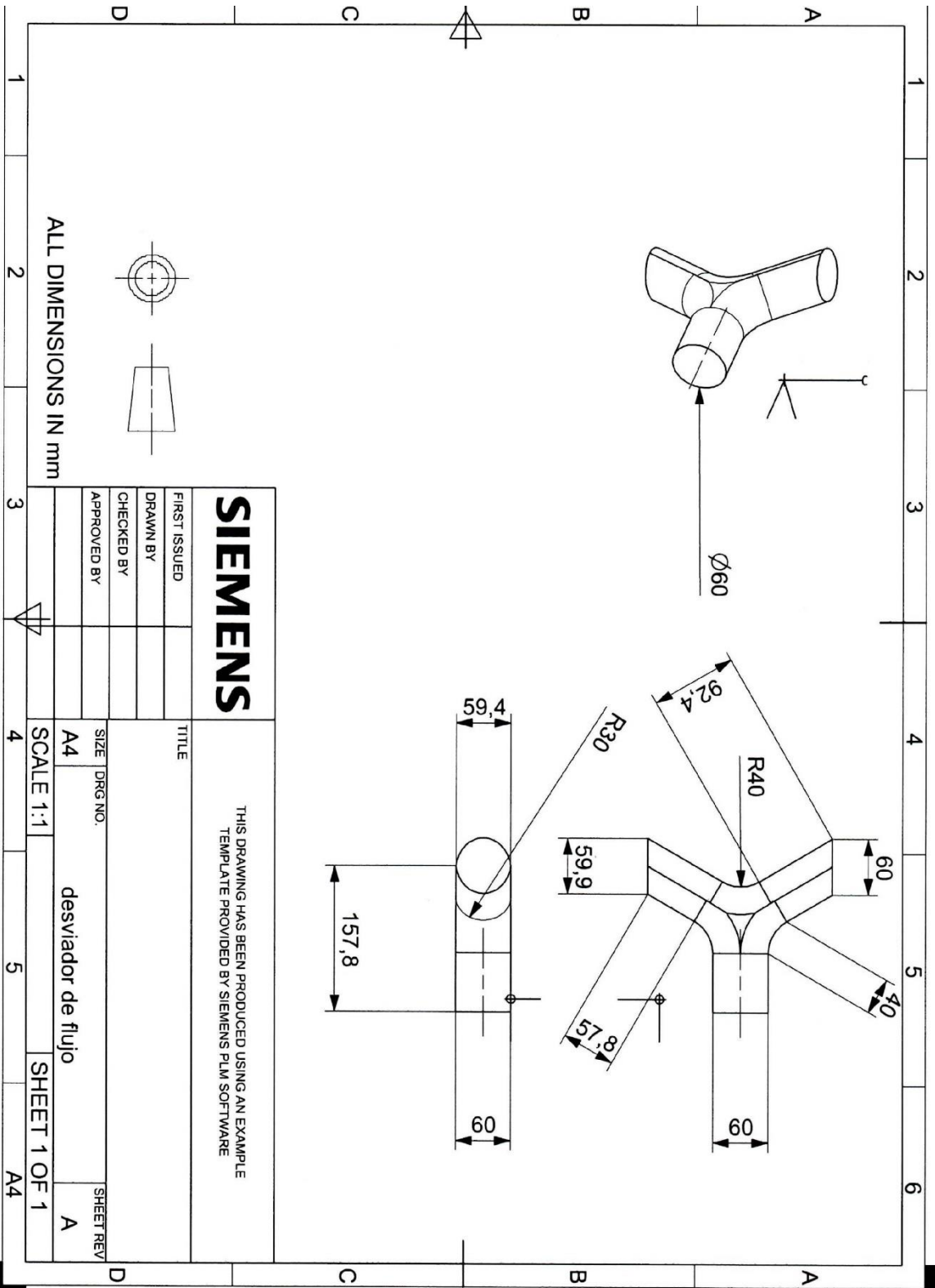


ALL DIMENSIONS IN mm

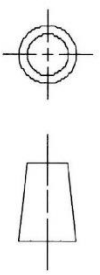
SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
 TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	plan01	TITLE	
DRAWN BY		SIZE DRG NO.	A4 1
CHECKED BY		SCALE	1:1
APPROVED BY		SHEET REV	A
		SHEET 1 OF 1	
		A4	



ALL DIMENSIONS IN mm



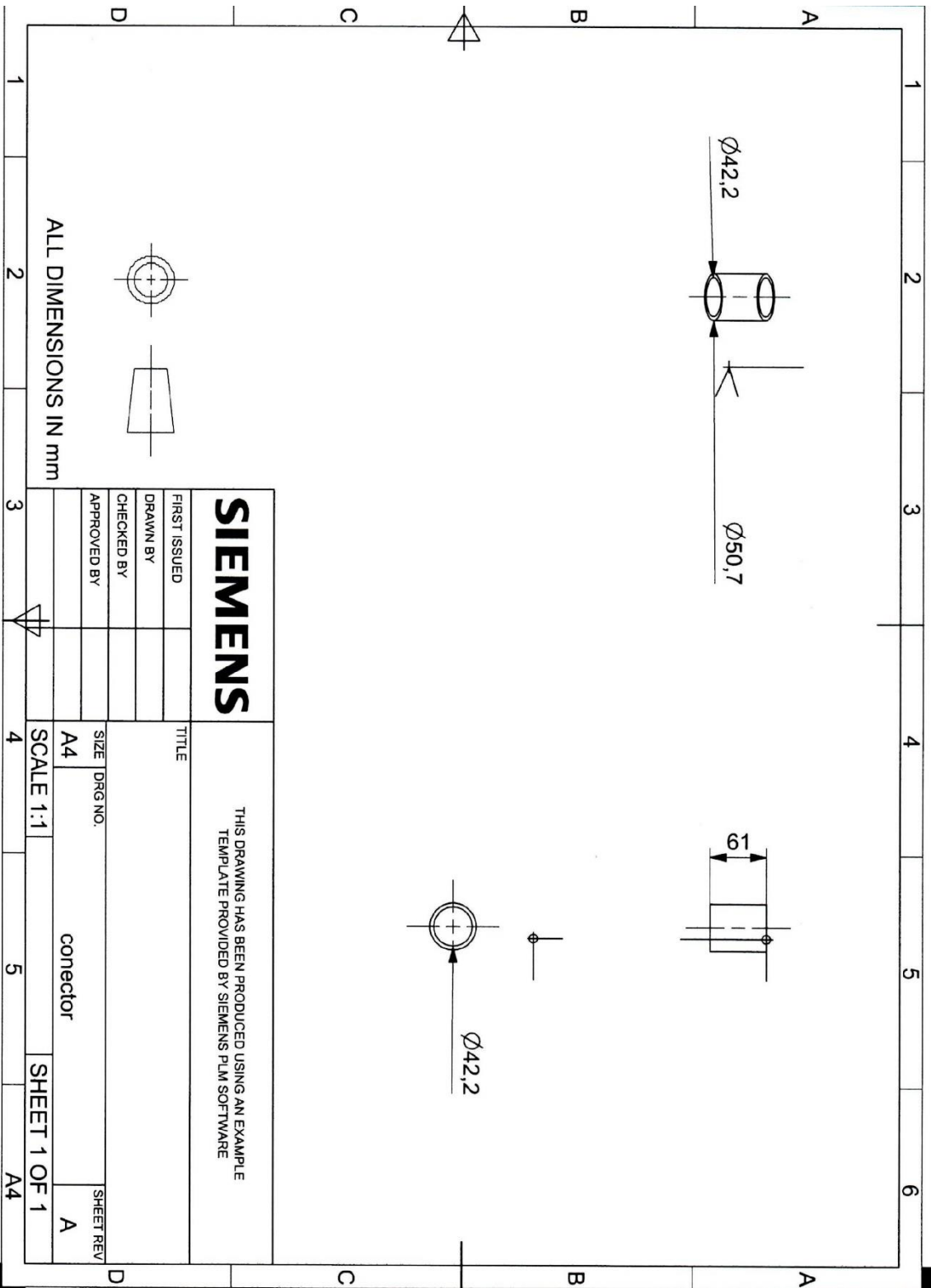
SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY		SIZE DRG NO.	
CHECKED BY		A4	
APPROVED BY		SCALE 1:1	
		desviador de flujo	
		SHEET 1 OF 1	
		SHEET REV A	

1 2 3 4 5 6

A B C D



ALL DIMENSIONS IN mm

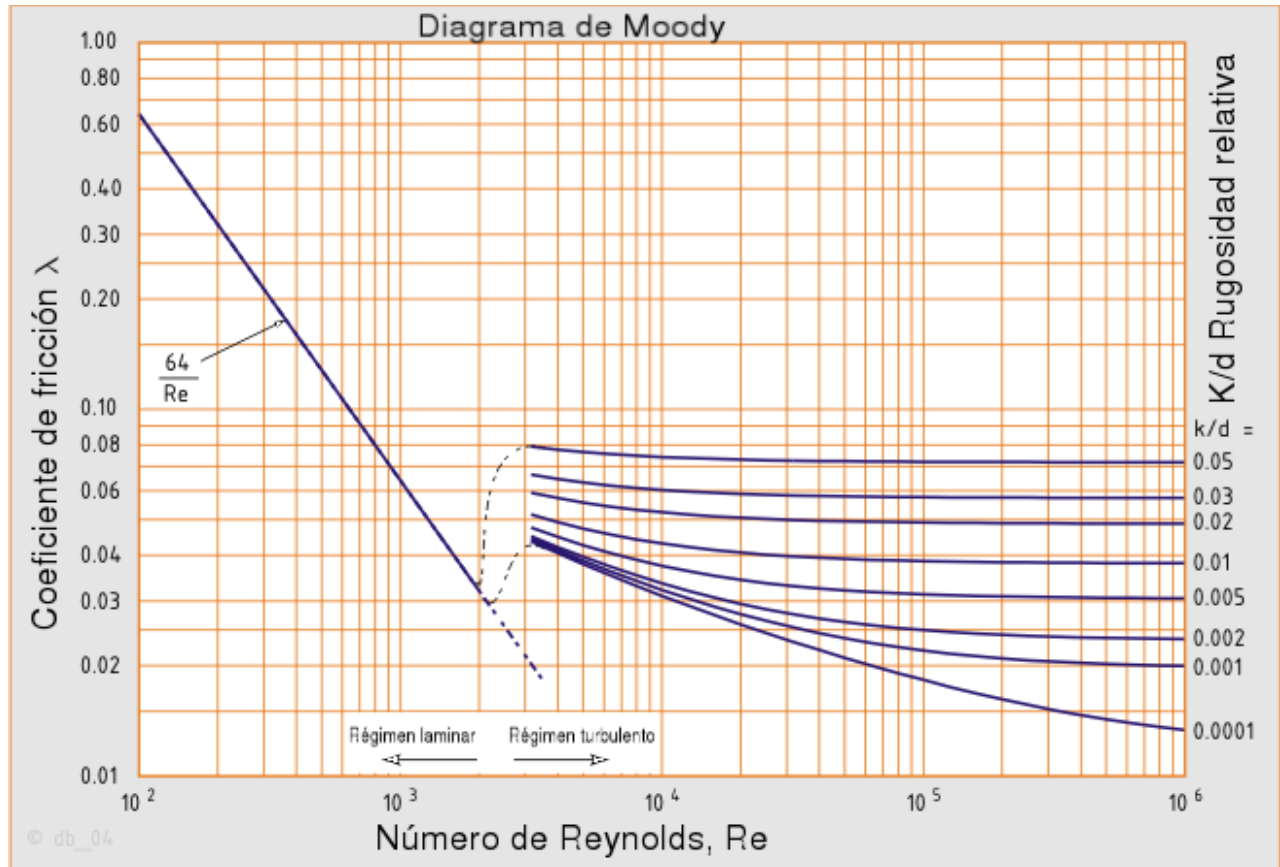
SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY		SIZE DRG. NO.	
CHECKED BY		A4	
APPROVED BY		SCALE 1:1	
		connector	
		SHEET 1 OF 1	
		SHEET REV A	
		A4	

APÉNDICE A

Diagrama de Moody



BIBLIOGRAFÍA

[1] Victor L. Streeter: Mecánica de los fluidos. México. McGRAW-HILL. 1979. Sexta edición.

[10] Cengel, Y. A. y Ciambala, J. M. (2006). Mecánica de fluidos. (2° ed.). McGraw-Hill.

[11] Potter, M. C., Wiggert, D. C. (2002). Mecánica de fluidos. (3° ed.). México: Thomson.

REFERENCIAS

[2] AL-NASRI y T. UNNY (1981) Developing laminar flow in the inlet length of a smooth pipe. Article. University of Waterloo. pp 313-332.

[3] Pinho F. T. and Whitelaw J. H. (1989) Flow of Non-Newtonian fluids in a pipe. Article. Amsterdam. pp 129-144.

[4] Gupta Ramesh C. (1999) On developing laminar non-Newtonian flow in pipes and channels. Article. National University of Singapore. pp 171-193

[5] Martínez Rojas Rodney, Izquierdo Pupo Raúl y Pompa Larrazábal Murphis (2014). Pérdida de carga durante el transporte en régimen laminar de pulpas de cieno carbonatado. Artículo. Minería y Geología. pp 80-94.

[6] R.C. Gupta, Power-law fluid ow in the hydrodynamic inlet region of a straight channel, J. Phy. Soc. Japan 53 (1984) 585{591.

[8] Ortega Tenorio Edgar (2016) Estudio experimental de la convección mixta alrededor de un cilindro en un fluido no newtoniano. pp 4-5

MESOGRAFÍA

[7] Reference point engineering your dreams (2013, febrero) Transvase fluidos no newtonianos.

Recuperado el día jueves, 28 de febrero de 2013, 10:40 am de:

<http://myrefpoint.blogspot.mx/>

[9] Balances de energía mecánica (2014) Introducción al flujo de fluidos por el interior de conducciones. Recuperado 2014 de:

<http://slideplayer.es/slide/1116384/>