

Caracterización Experimental del Patrón de Flujo en diferentes Regímenes de Cavitación y Temperatura de líquido en un Venturi de Sección Rectangular

Experimental Characterization of the Flow Pattern in Different Cavitation and Liquid Temperature Regimens in a Rectangular Section Venturi

Abimelec Moreno García*,
Instituto Politécnico Nacional, ESIME Azcapotzalco, México
abi.moreno12@hotmail.com

Jesús Eduardo Rivera López,
Instituto Politécnico Nacional, ESIME Azcapotzalco, México
eduardo_rivera1@hotmail.com

José Luis Arciniega Martínez,
Instituto Politécnico Nacional, ESIME Azcapotzalco, México
jarciniega@ipn.mx

Recibido 24, enero, 2018

Aceptado 30, junio, 2018

Resumen

En este artículo se reporta la caracterización experimental del patrón de flujo en diferentes regímenes de cavitación y temperatura de líquido a través de un tubo Venturi de sección rectangular. Durante, el proceso experimental, el régimen de flujo en la instalación es controlado por una válvula y el flujo másico es medido con un sensor de efecto Hall. Además, se midió la presión estática en la sección de entrada y en la garganta del tubo Venturi, para el cálculo del coeficiente de cavitación (número de Thoma) " σ ". La investigación se valió de la visualización del flujo para complementar los cálculos efectuados. Para realizar la visualización se utilizó una cámara réflex Canon 7D con un lente macro a una apertura de 2.8 a 60 fps sincronizada con un estroboscopio. Por medio del cálculo del coeficiente (σ) se encontró 2 regímenes de cavitación en el Venturi. El primer régimen está dado por el intervalo del número de Reynolds igual a $14176 \leq Re \leq 33855$. Este régimen de cavitación es incipiente ya que la densidad de la nube es demasiado baja. El segundo régimen de flujo que se encontró en este estudio experimental está dado para $Re \geq 21386$, en este régimen de flujo se aprecia una cavitación desarrollada, bajo esta condición en el régimen de flujo, el coeficiente ($\Delta\sigma_V$) no es función del número de Reynolds. Finalmente se observó que la variación de la temperatura del líquido no tiene afectación sobre el intervalo ($\Delta\sigma_V$) de la cavitación desarrollada, siendo el único efecto el número de Reynold, por tanto, la zona en donde se inicia la cavitación desarrollada.

Palabras Clave: Venturi, Cavitación, Número de Thoma, Coeficiente de Cavitación, Número de Reynolds

Mathematics Subject Classification (2010): 76-05

Abstract

In this article, we report the experimental characterization of the water flow pattern in different cavitation regimes and liquid temperature through a rectangular section Venturi tube. During the experimental process, the flow regime in the installation is controlled by a valve and the mass flow is measured with a Hall effect sensor. In addition, the static pressure in the inlet section and throat of the Venturi tube was measured for the calculation of the cavity coefficient (Thoma number) " σ ". This Work used flow visualization to

complement the calculations made. To perform the visualization, a Canon 7D SLR camera was used with a macro lens at an aperture of 2.8 to 60 fps synchronized with a stroboscope. By means of the calculation of the coefficient (σ), two cavitation regimes were found in the Venturi. The first regime is divided by the Reynolds number interval equal to $14176 \leq Re \leq 33855$. This cavitation regime is incipient since the density of the cloud is too low. The second flow regime found in this experimental study is given for $Re \geq 21386$, in this flow regime a developed cavitation is observed, under this condition in the flow regime, the coefficient ($\Delta\sigma_V$) is not a function of the Reynolds number. Finally, the variation of the temperature of the liquid has not affected the interval ($\Delta\sigma_V$) of the developed cavitation, the only effect being the Reynold number, therefore, the zone where the developed cavitation begins.

Keywords: Venturi, Cavitation, Thoma Number, Cavitation Coefficient, Reynolds Number

1. INTRODUCCIÓN

La formación de burbujas de vapor en el seno de un líquido se conoce con el nombre de ebullición o cavitación, este fenómeno ocurre cuando la presión local en el líquido cae por debajo de la presión de vapor a una temperatura dada. Cualquier proceso que incremente la temperatura o reduzca la presión dará como resultado un cambio de fase, de líquido a vapor. Convencionalmente, la ebullición es resultado de un incremento de temperatura a presión ambiente, mientras que la cavitación es el efecto del cambio de fase a temperatura ambiente a través de la caída de presión por debajo de la presión de vapor [1].

El desarrollo de la cavitación está caracterizado por el Número de Cavitación o de Thoma " σ " [4 y 5]. Este número adimensional es generalmente utilizado para detectar el desarrollo de la cavitación. Jean-Pierre Fran y Jean-Marie Michel clasificaron los regímenes de cavitación en cavitación incipiente y cavitación desarrollada [3]. La cavitación incipiente es el régimen límite entre el flujo con cavitación y sin cavitación. Así también, establecieron las condiciones de "no cavitación" dadas por la relación $\sigma_V > \sigma_{VI}$, donde σ_V es el coeficiente de cavitación a cualquier número de Reynolds y σ_{VI} es el coeficiente de cavitación incipiente.

Por otro lado, el flujo de líquidos a través de un elemento Venturi, en la sección convergente (garganta) del tubo, se podría generar un patrón de flujo en donde el líquido entra a una región de baja presión; llegando a alcanzar la presión de vapor, formando burbujas en el líquido. Una vez formadas las burbujas, éstas siguen viajando corriente abajo de la garganta, hacia el difusor del Venturi, en donde la presión aumenta y debido a este incremento de presión las burbujas colapsan, generando ondas de choque [2, 6 y 7]. Asimismo, si la presión estática en la garganta del tubo, alcanza un valor crítico, se da lugar a una mayor formación de burbujas de vapor, generando con esto una ruptura en el patrón del flujo del líquido, a este fenómeno se le conoce como "nube" de vapor de líquido o nube de cavitación (Cloud Cavitation) [6, 8 y 9]. Así, para un dispositivo Venturi, Keiichi Sato [5] hizo varias observaciones del trayecto de la burbuja de cavitación en un Venturi desde su formación hasta el colapso usando una cámara de alta velocidad, mostrando sus resultados en función del coeficiente de cavitación " σ ", contenido de gases disueltos, número de Reynolds y la temperatura del fluido.

Finalmente, el tubo Venturi ofrece una plataforma ideal para el estudio y el desarrollo de la cavitación y los efectos hidrodinámicos que produce. Es por ello, que el objetivo de esta investigación, es la caracterización experimental del patrón de flujo en diferentes regímenes de cavitación y temperatura de líquido, en un tubo Venturi de Sección Rectangular, y con ello, aportar información relevante a este campo del conocimiento.

2. MÉTODOS Y MATERIALES

Para el cálculo del número de cavitación se utilizó como presión de referencia la entrada del Venturi y como velocidad de referencia, la velocidad en la garganta, utilizando la ecuación de continuidad. De esta manera el Número de Cavitación y número de Reynolds están dados en (1) y (2), respectivamente.

$$\sigma = \frac{P_1 - P_V}{\frac{1}{2}\rho U_{Th}^2} \quad (1)$$

Donde P_1 es la presión absoluta de referencia en Pascales, P_V es la presión absoluta del vapor del líquido en Pascales, ρ es la densidad del fluido en kg/m^3 y U_{Th} es la velocidad del fluido en la garganta del Venturi en m/s

$$Re = \frac{U_{Th}(4R_H)\rho}{\mu} \quad (2)$$

Donde, μ es la viscosidad absoluta en kg/ms y R_H es el radio hidráulico en m . El radio hidráulico para una sección rectangular se obtiene de la expresión (3)

$$R_H = \frac{A}{PM} = \frac{BH}{2B + 2H} \quad (3)$$

Donde PM es el perímetro mojado, siendo la garganta del Venturi igual a la base del rectángulo, $B = 6.35\text{mm}$ y la altura $H = 6.0\text{mm}$.

DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

El dispositivo de la Figura 1, consiste en un tubo Venturi fabricado por Armfield© de sección rectangular $25.00 \times 6.35\text{mm}^2$ en la entrada y $6.00 \times 6.35\text{mm}^2$ en la garganta, fabricado de perspex transparente para permitir la visualización del fenómeno de cavitación. El Venturi tiene conectado un manómetro en la entrada, el cual tiene un rango de presiones 0 a 3 bars con una resolución de 0.1 bars. También en la garganta se tiene un vacuómetro cuyo rango es de -1.0 a 0 bars con una resolución es de 0.05 bars. Tanto el manómetro como el vacuómetro son de la marca ACTU Bideford ©.

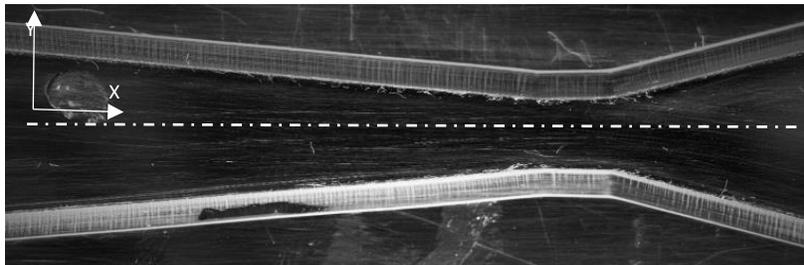


Figura 1. Vista lateral del Venturi de cavitación.

Para hacer circular el fluido se tiene una bomba centrífuga de 1 HP capaz de manejar un flujo de 5 a 60 l/min con una carga de 5 a 60 m columna de líquido. El tanque de líquido es de 62 l en el cual se sumerge un termómetro de mercurio con un rango de -20 a 50 °C con una resolución de 1°C. Para el control de flujo se utilizó una válvula de diafragma en la descarga de la bomba, también entre la válvula de diafragma y la bomba se instaló una bifurcación al tanque controlado por una válvula de globo, esto con el propósito de liberar la presión de la bomba y evitar que la válvula de diafragma cavite cuando ésta se encuentre casi cerrada, ver Figura 2.

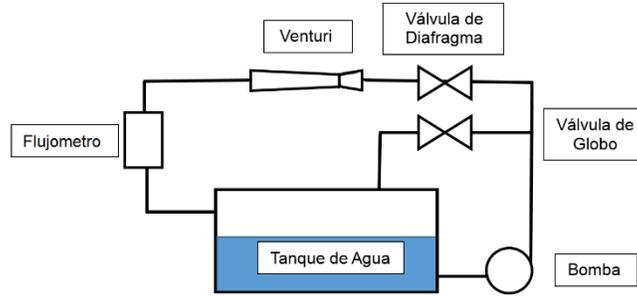


Figura 2. Esquema de la instalación.

En la medición de flujo se utilizó un sensor de flujo de efecto hall modelo YF-DN50 con un rango de medición de flujo 10-200l/min. La presión atmosférica se midió por medio del sensor de presión BMP180. La adquisición de datos y programación de ambos sensores se hizo por medio de una tarjeta Arduino Uno Rev. 3 y un CPU, Intel Xeon @ 2.66 GHz con 32.0 GB en RAM.

3. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Para la caracterización de la cavitación en el tubo Venturi en función del número de Reynolds y el índice de cavitación en el desarrollo experimental, se realizó mediante la variación de flujo volumétrico por medio de la válvula de diafragma. Esta operación se realiza a una temperatura constante del fluido. Las temperaturas con las que se caracterizaron las pruebas fueron 20, 30, 40 y 50 °C.

Las Tablas 1, 2, 3 y 4 muestran las mediciones de los diferentes instrumentos de medición que se utilizaron durante la experimentación.

Tabla 1. Medición experimental de variables termodinámicas a 20°C.

Temperatura tanque (°C)	Caudal (l/min)	P ₁ (mH ₂ O)	P _{Th} (bar)	P _{atm} (mmHg)
19.0	43.82	11.0	-0.66	586.9
19.0	42.95	10.0	-0.66	587.0
19.5	42.07	9.0	-0.675	586.9
20.0	40.32	8.0	-0.675	586.9
20.0	39.00	7.0	-0.68	587.0
20.0	37.69	6.0	-0.68	586.9
20.0	36.37	5.0	-0.69	586.9
20.0	35.93	4.0	-0.69	587.0
20.0	33.74	3.0	-0.69	587.0
20.5	28.05	2.0	-0.49	587.0
21.0	14.02	1.0	-0.21	587.0
21.0	0.88	0	-0.06	587.0

Tabla 2. Medición experimental de variables termodinámicas a 30°C.

Temperatura tanque (°C)	Caudal (l/min)	P ₁ (mH ₂ O)	P _{Th} (bar)	P _{atm} (mmHg)
30	45.95	10	-0.67	587
30	42.95	9	-0.67	587
30	40.32	8	-0.68	587
30	39.43	7	-0.68	587
30	38.56	6	-0.69	587
30	37.69	5	-0.7	587
30	35.93	4	-0.7	587
30	34.18	3	-0.71	587
30	29.80	2	-0.64	587
30	17.53	1	-0.27	587

Para realizar la visualización de flujo se sincronizó un estroboscopio digital junto con una cámara réflex Canon 7D a una velocidad de video de 30 fps. También se hicieron fotografías a sincronización rápida a una velocidad de 1/250 s de obturación. Las imágenes obtenidas se muestran en las figuras 4 y 5, y corresponden a la visualización hecha en video a 30 fps.

Tabla 3. Medición experimental de variables termodinámicas a 40°C.

Temperatura tanque (°C)	Caudal (l/min)	P ₁ (mH ₂ O)	P _{Th} (bar)	P _{atm} (mmHg)
40	42.95	10	-0.65	587
40	42.07	9	-0.66	587
40	40.32	8	-0.66	587
40	38.56	7	-0.67	587
40	37.69	6	-0.67	587
40	36.81	5	-0.67	587
40	34.18	4	-0.68	587
40	32.43	3	-0.68	587
40	28.92	2	-0.63	587
40	16.65	1	-0.29	587

Tabla 4. Medición experimental de variables termodinámicas a 50°C.

Temperatura tanque (°C)	Caudal (l/min)	P ₁ (mH ₂ O)	P _{Th} (bar)	P _{atm} (mmHg)
50	42.94	10	-0.6	586.9
50	41.19	9	-0.61	587
50	39.44	8	-0.61	586.9
50	38.56	7	-0.62	586.9
50	35.93	6	-0.64	587
50	35.06	5	-0.64	586.9
50	33.30	4	-0.64	586.9
50	31.55	3	-0.65	587
50	28.92	2	-0.64	587
50	16.65	1	-0.3	587

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con los resultados obtenidos de la caracterización experimental (Tablas 1 a la 4) se pondera el comportamiento hidrodinámico del flujo en cavitación. Para ello, utilizando los resultados del experimento y empleando las ecuaciones (1) y (2), es posible determinar las magnitudes del coeficiente de Thoma “σ” en función del Número de Reynolds.

En la Tabla 5 se muestran los índices de cavitación calculados, a partir de los datos experimentales en función del número de Reynolds en la garganta.

Tabla 5. Índices de cavitación para diferentes temperaturas en función del número de Reynolds.

T = 293.15 K		T = 303.15 K		T = 313.15 K		T = 323.15 K	
Re	σ	Re	σ	Re	σ	Re	σ
18001	1.289	14176	2.902	16392	3.096	19492	2.906
21386	0.981	24100	1.119	28471	1.149	33855	1.086
22775	0.945	27644	0.938	31922	1.011	36933	1.015
23052	0.999	29062	0.928	33648	0.998	38985	1.003
23886	1.003	30479	0.916	36236	0.936	41036	0.989
24719	1.004	31188	0.944	37099	0.965	42062	1.021
25552	1.003	31893	0.969	37961	0.991	45140	0.955
26333	0.979	32606	0.990	39687	0.969	46166	0.979
26553	0.996	34732	0.928	41413	0.948	48218	0.958
27094	1.010	37158	0.859	42275	0.965	50270	0.937

Para un mejor entendimiento del fenómeno físico de la cavitación en la garganta del tubo los resultados de la Tabla 5 son graficados y mostrados en la Figura 3.

De la Figura 3 se desprende el siguiente análisis; la tendencia de tres curvas (T = 30, 40 y 50 °C), muestran principalmente dos fases de cavitación en la garganta del tubo: la primera fase está delimitada por el intervalo $1.10 \leq \sigma_{VI} \leq 3.10$. En este intervalo de σ_{VI} se describe la fase de cavitación incipiente [3], este tipo de cavitación se puede ver por medio de la fotografía de la Figura 4, donde se muestra la visualización y forma que tiene el flujo incipiente para un número $Re = 18001$. También es posible observar en la imagen de la garganta y difusor la baja densidad de la nube, además, este tipo de nube se forma anularmente en el seno del flujo. En este régimen la nube de cavitación tiene un estado de intermitencia.

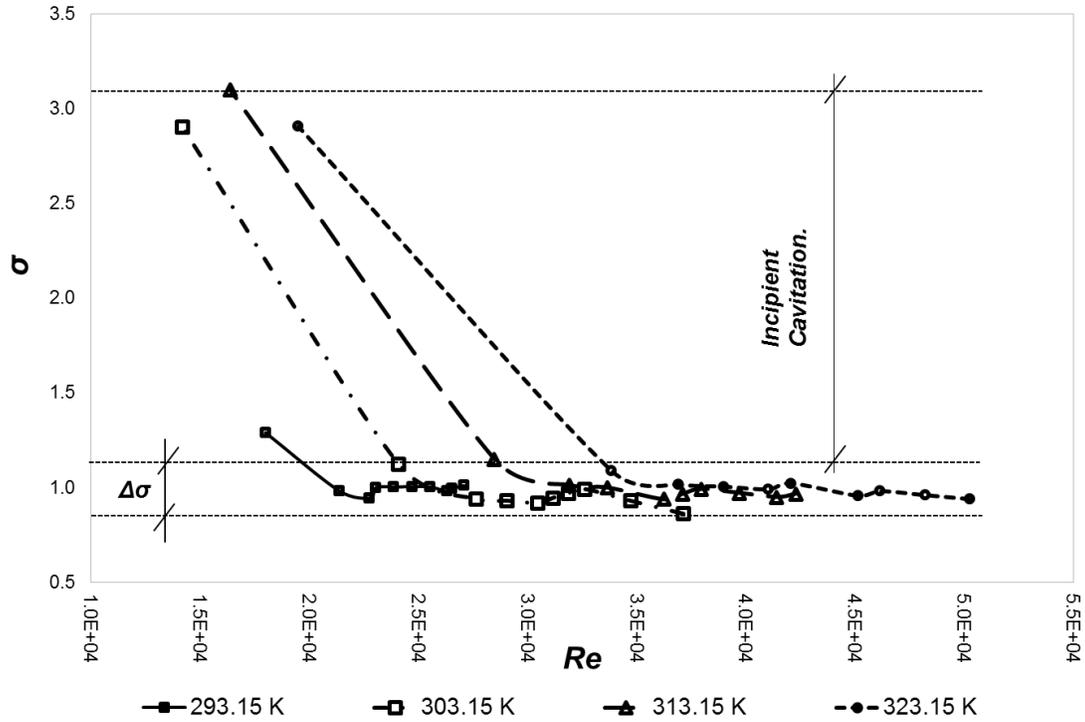


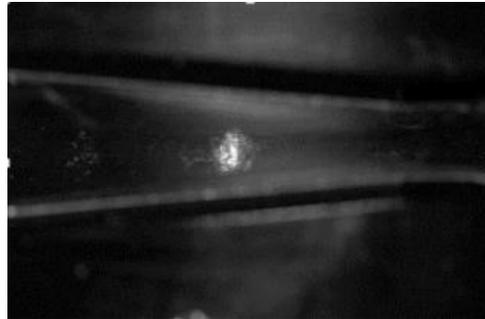
Figura 3. Variación del Coeficiente de Cavitación, σ vs Re .

Asimismo, y de acuerdo con la Figura 3, esta fase de cavitación tiene un comportamiento lineal, mostrando que el coeficiente de σ_{VI} en esta zona del régimen de flujo, es una función de la variación del número de Reynolds " Re ". Por consiguiente, el intervalo del régimen de cavitación incipiente está en $14176 \leq Re \leq 33855$.

Inicio y formación de burbuja de cavitación, $t = 0s$.



Final de la burbuja de cavitación, $t = 1/90 s$.



Parámetros de flujo

$$\sigma = 1.2887$$

$$Re = 18001$$

Figura 4. Visualización de flujo en el régimen de cavitación incipiente de la nube de cavitación en la garganta y difusor.

Por otro lado, siguiendo con el análisis de la Figura 3, se observa también una zona en el flujo en donde la cavitación se desarrolla completamente [1]. Esta fase en la cavitación tiene el intervalo de $0.86 \leq \Delta\sigma_V \leq 1.12$, donde la densidad de la nube de cavitación es alta, como se puede apreciar en la Figura 5.

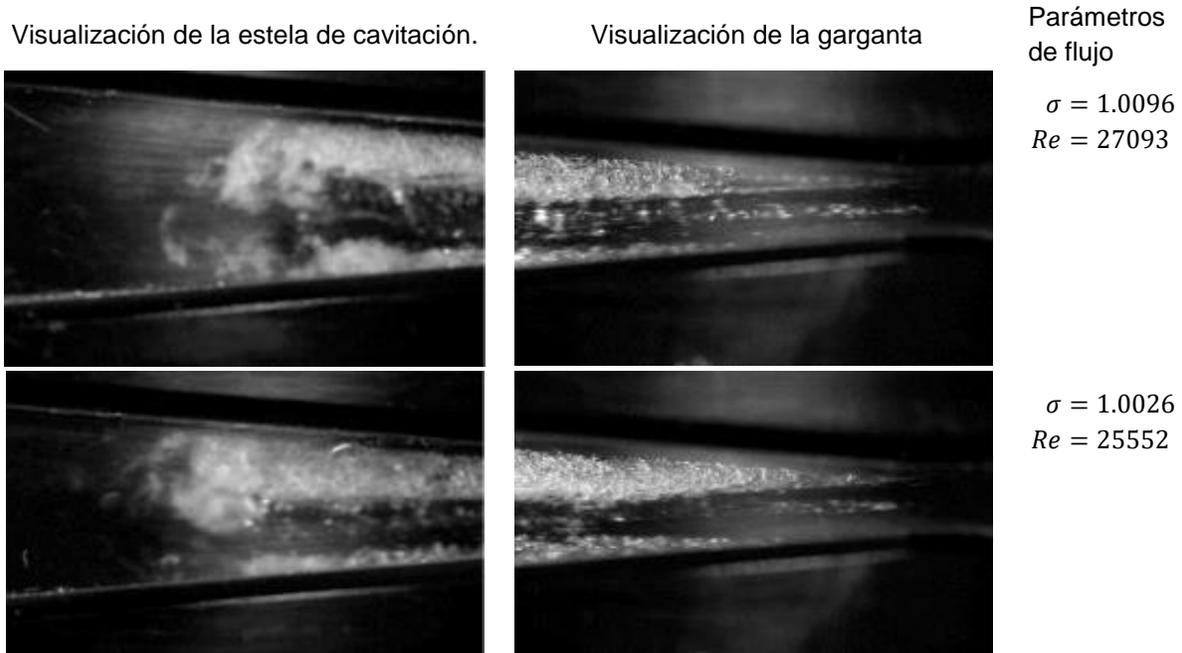


Figura 5. Visualización en la garganta y difusor, estela de la nube de cavitación para dos regímenes de flujo.

En la Figura 5 se muestran cuatro imágenes del flujo en cavitación desarrollada, en el intervalo de flujo dado por el régimen de $25552 \leq Re \leq 27093$. El aspecto relevante es el desplazamiento de la nube de cavitación en la pared superior del tubo. Este efecto sobre el flujo se puede atribuir directamente al crecimiento y desprendimiento de la capa límite. También se aprecia en ambas paredes (superior e inferior) del tubo, la generación de burbujas debido a los esfuerzos cortantes en la pared, además hay que resaltar que, en la pared inferior, la formación de las burbujas sucede corriente arriba de la garganta. Así mismo, se observa la producción de cavitación de forma anular en la garganta; la formación de burbujas en esta zona se imputa directamente al efecto de la velocidad, ya que, en este punto, la magnitud del perfil de velocidad “ u ” adquiere el valor de la velocidad de corriente libre “ U ” teniendo como resultado la caída de presión del líquido debido al aumento de la velocidad.

Para finalizar este análisis, de la gráfica (Figura 3) se observa que una vez alcanzado el intervalo de $0.86 \leq \Delta\sigma_v \leq 1.12$ en el régimen de cavitación, la magnitud de $\Delta\sigma_v$ permanecerá constante, sin importar cuánto aumente el número de Reynolds “ Re ”. Por lo que, en este estudio experimental, se muestra que la cavitación desarrollada inicia y permanece constante en el régimen de flujo igual a $Re \geq 21386$. Bajo esta condición en el régimen de flujo, la pendiente de la curva desaparece y el coeficiente de Thoma “ $\Delta\sigma_v$ ” ya no es una función del número de Reynolds. Además, se observa, que la variación de la temperatura del líquido no tiene afectación sobre el intervalo ($\Delta\sigma_v$) de la cavitación desarrollada, ya que el único efecto que tiene la temperatura, es sobre el número de Reynolds, por tanto, la zona en donde se inicia la cavitación desarrollada.

5. CONCLUSIONES

Del estudio experimental realizado a un tubo Venturi de sección rectangular bajo diferentes regímenes de flujo y temperatura se concluye lo siguiente:

De acuerdo al régimen de flujo en la garganta del tubo Venturi se observaron dos fases de cavitación. La primera fase de cavitación está delimitada por el intervalo de $1.10 \leq \sigma_{vl} \leq 3.10$. En este intervalo del

número de Thoma σ_{VI} se describe la fase de cavitación incipiente. La característica principal de este régimen de cavitación está en la baja densidad de la nube de cavitación.

De acuerdo con la gráfica de la Figura 3, esta fase de cavitación tiene un comportamiento lineal con pendiente pronunciada y negativa, ya que el coeficiente de Thoma " σ_{VI} " en esta zona del régimen de flujo, es una función de la variación del número de Reynolds " Re ". Por consiguiente, la cavitación incipiente está dada por el intervalo de flujo igual a $14176 \leq Re \leq 33855$.

La segunda fase de cavitación en el flujo producido en la garganta del Venturi, es una etapa de cavitación, los cálculos realizados muestran un intervalo del coeficiente de Thoma igual a $0.86 \leq \Delta\sigma_V \leq 1.12$ en donde prevalece este tipo de cavitación. Para este intervalo del coeficiente de Thoma $\Delta\sigma_V$, y con las imágenes de la visualización del flujo, se puede ver como característica principal una alta densidad de la nube de cavitación.

En el régimen de cavitación desarrollada y de forma general se concluye lo siguiente, el flujo es asimétrico; la densidad de la nube de cavitación es mayor por arriba del eje de simetría; existe desplazamiento de la nube de cavitación en la pared superior del tubo; en ambas paredes del tubo y debido a los esfuerzos cortantes hay generación de burbujas.

Para finalizar este análisis experimental del régimen de flujo con cavitación, en el intervalo establecido por el cálculo del coeficiente de Thoma igual a $0.86 \leq \Delta\sigma_V \leq 1.12$, la magnitud de $\Delta\sigma_V$ permanecerá constante, sin importar cuánto aumente el número de Reynolds " Re ". Por lo que, en este estudio se muestra que la cavitación desarrollada inicia y permanece constante para regímenes de flujo igual a $Re \geq 21386$. Bajo esta condición en el régimen de flujo la pendiente de la curva desaparece y el coeficiente de Thoma " $\Delta\sigma_V$ " no es función del número de Reynolds. Además, se observa que la variación de la temperatura del líquido no tiene afectación sobre el intervalo ($\Delta\sigma_V$) de la cavitación desarrollada, ya que el único efecto que tiene la temperatura es sobre el número de Reynolds y, por lo tanto, sobre la zona en donde se inicia la cavitación desarrollada.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional, en especial al Laboratorio de Hidráulica de la ESIME Azcapotzalco y a su personal docente: Víctor Manuel Venegas Meneses, Rafael Romero Ángeles e Israel Sánchez Hernández, por su apoyo en la elaboración de este artículo.

7. REFERENCIAS

- [1] Ki-Han Kim et Al., (2014), *Advanced Experimental and Numerical Techniques for Cavitation Erosion Prediction*, Fluid Mechanics and Its Applications, Volume 106, Springer.
- [2] Flavio H. Moll et. Al., (2012), Optimización de un Banco de Ensayos de Cavitación mediante Fluidodinámica Computacional, *Mecánica Computacional Vol XXXI*, pp 3661-3676.
- [3] Jean-Pierre Franc, Jean-Marie Michel, (2004), *Fundamentals of Cavitation*, Kluwer Academic Publishers.
- [4] Jun CAI, Xiulan HUI and Xunfeng LI, (2009), Dynamic behaviors of cavitation bubble for the steady cavitating flow, *Journal of Thermal Science Vol.18, No.4*, pp. 338-344.
- [5] Keiichi Sato, Kouji Hachino and Yasuhiro Saito, (2003), Inception and Dynamics of Traveling- Bubble-Type Cavitation in a Venturi, *Proceedings of Asme FEDSM2003-45322*.
- [6] Chandan Mishra, (2006), *An experimental investigation of hydrodynamic cavitation in micro-Venturis*, AIP Publishing.

- [7] H. Soyama, (2016), Enhancing the aggressive intensity of hydrodynamic cavitation through a Venturi tube by increasing the pressure in the region where the bubbles collapse, AIP Publishing.
- [8] Pavel Rudolf et Al., (2014), Characterization of the cavitating flow in converging-diverging nozzle based on experimental investigations, EDP Sciences.
- [9] Christopher E. Brennen, (1998), Cloud Cavitation: Observations, Calculations and Shockwaves, International Conference on Multiphase Flow.
- [10] C. Brennen, (2000), Cloud Cavitation Phenomena, Twenty-Second Symposium on Naval Hydrodynamics.

Caracterización Experimental del Patrón de Flujo en diferentes Regímenes de Cavitación y Temperatura de líquido en un Venturi de Sección Rectangular

Este artículo puede citarse de la siguiente forma:

Citación estilo APA sexta edición

Moreno García, A., Rivera López, J.E. & Arciniega Martínez, J.L. (septiembre-diciembre de 2018). Caracterización Experimental del Patrón de Flujo en diferentes Regímenes de Cavitación y Temperatura de líquido en un Venturi de Sección Rectangular. *Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación*, 4(3), 31-39.

Citación estilo Chicago decimoquinta edición

Moreno-García, Abimelec, Rivera-López, Jesús Eduardo & Arciniega-Martínez, José Luis. Caracterización Experimental del Patrón de Flujo en diferentes Regímenes de Cavitación y Temperatura de líquido en un Venturi de Sección Rectangular. *Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación*, 4 No. 3 (septiembre-diciembre de 2018): 31-39.

Citación estilo Harvard Anglia

Moreno García, A., Rivera López, J.E. & Arciniega Martínez, J.L., 2018. Caracterización Experimental del Patrón de Flujo en diferentes Regímenes de Cavitación y Temperatura de líquido en un Venturi de Sección Rectangular. *Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación*, septiembre-diciembre, 4(3), pp. 31-39.

Citación estilo IEEE

[1] A. Moreno-García, J.E. Rivera-López y J.L. Arciniega-Martínez. Caracterización Experimental del Patrón de Flujo en diferentes Regímenes de Cavitación y Temperatura de líquido en un Venturi de Sección Rectangular. *Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación*, vol. 4 No. 3, pp. 31-39, septiembre-diciembre de 2018.