

SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE IMAGENES EN TRES DIMENSIONES PARA VELOCIMETRIA DE PARTICULAS

Daniel Hoyos, Telmo Moya, Maiver Villena.
Instituto de energías no convencionales (INENCO) CONICET Consejo Investigación Universidad Nacional de Salta-
CIUNSA C.P. 4400 – Salta
El. 0387-4255579 – e-mail: hoyosdani@gmail.com

RESUMEN: En energías renovables existe un conjunto de problemas que requiere conocer el campo de velocidades de un fluido en tres dimensiones y que el sistema de medida no influya en el campo de velocidades. En este trabajo se describe un sistema de medición compuesto por: un sistema de adquisición de imágenes, un conjunto de interfaces y un programa que permite medir los campos de velocidades en fluidos implementando el método PIV en tres y en dos dimensiones. Además puede realizar estereografía digital. El programa se desarrolló de forma de controlar distintas tecnologías de cámaras.

Palabras clave: energía solar, instrumentación, velocimetria de partículas

INTRODUCCIÓN

En energías renovables resulta importante medir campos de velocidades en fluidos (De Paul, et al 1997). Uno de los métodos utilizados para medir campos de velocidades en fluidos es el PIV (particle image velocimetry) descrito en (Adrián, 2004). En algunos casos es importante medir la tercer componente de velocidad del fluido, con este fin se implementa el método de medida denominado velocimetria de partícula en estéreo (Lawson, 1997). En el caso de distintas aplicaciones en energía solar los campos de velocidades son de tres dimensiones. El algoritmo de cálculo del campo de velocidades en tres dimensiones fue desarrollado en (D. Hoyos et al, 2003) . El método STEREO PIV puede ser asimétrico o simétrico (Coudert, J, et al 2001).

Existen diversos software para realizar procesamiento digital de imágenes. Se pueden nombrar los programas para retoque y el resaltado de las imágenes. Librerías específicas para uso científico, que se programan utilizando un lenguaje convencional. Programas matemáticos matriciales que tienen librerías de procesamiento de imágenes. Programas de control del tipo HMI. En general los programas nombrados son caros. En el caso de las librerías de uso científicos, están diseñadas para aprovechar plaqueta desarrolladas por la empresa, de esta forma cuando esta plaqueta entra en obsolescencia, todo el software debe ser cambiado ya que no siempre se puede adquirir la plaqueta de la misma empresa.

El objetivo de este trabajo es desarrollar un sistema de medida para implementar el método PIV en tres dimensiones utilizando cámaras convencionales y software libre, con el objetivo de disponer un sistema de bajo costo,. Este sistema debe poder implementar PIV en tres dimensiones en forma simétrica o asimétrica.

Un sistema de medición que realizan velocimetria de partículas esta compuestos por:

- ▲ Cámaras
- ▲ Sistemas de adquisición de imágenes
- ▲ Computadoras
- ▲ Programas de procesamientos de imágenes.

La cámaras capturan la información, esta se transfiere a una computador,. usando un adquisidor de imágenes. En la computadora, el software procesa esa información y obtienen el resultado buscado.

SISTEMA DE MEDICIÓN

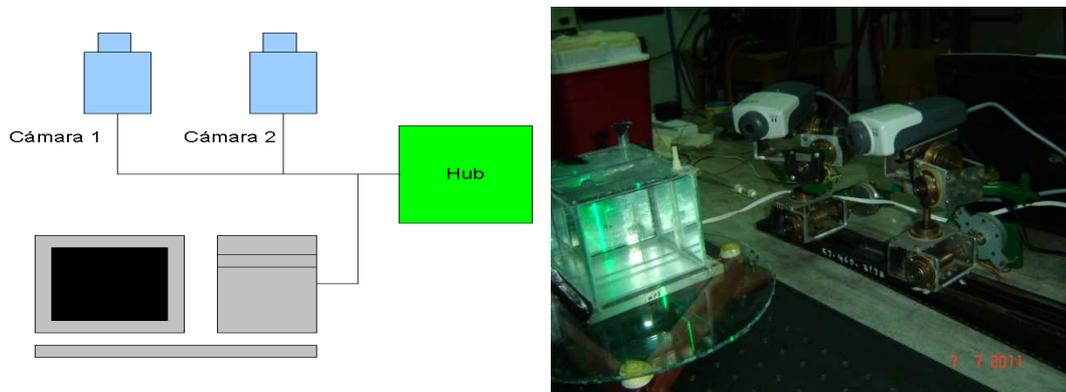


Figura 2: Esquema del sistema de medición y fotografía del mismo

Este sistema de adquisición de imágenes está compuesto por una computadora PC, un hub y cámaras IP. Las cámaras adquieren las imágenes o video y los envía a través de la intranet a la computadora PC. El hub se utiliza para dar soporte físico a la red e interconectar sus componentes. La computadora PC se utiliza para procesar las imágenes y obtener el campo de velocidades.

Las cámaras IP son marca SPARK- LAN. Sus características técnicas son:

- ⤴ Resolución de Video 640x480
- ⤴ Compresión: Media
- ⤴ Velocidad de muestreo:20
- ⤴ Frecuencia de la luz 60 Hz

La intranet que gestiona la computadora utiliza las siguientes direcciones

Dirección IP	192.168.0.2
Intranet	192.168.0.0
Mascara de subred	255.255.255.0
PC	192.168.0.2
Cámara 1	192.168.0.20
Cámara 2	192.168.0.21

Tabla1: Direcciones de la red de computadoras

Las cámaras propuestas permiten realizar el método PIV en dos dimensiones en baja resolución comparado con los equipos comerciales. Para poder implementar el método STEREOPIV se necesita coordinar las cámaras, con este fin se desarrolló un circuito que realiza esta función y será descrito posteriormente.

IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA

Para implementar este método de medida se utilizó software libre. Como entorno de programación para el programa de adquisición de imágenes se utilizó el programa SCILAB, el cual es del tipo matricial y dispone de un conjunto muy grandes de rutinas matemáticas, tales como transformada de Fourier, resolución de ecuaciones diferenciales, cálculo de derivadas e integrales y calculo matricial. Este entorno de programación tiene incluido el lenguaje TCL TK que permite realizar interfaces gráficas amigables. Tanto a SCILAB como a TCL TK se le puede agregar librerías para extender su uso. Dado que SCILAB no tiene forma de manejar imágenes o videos se agrega a TCL TK las siguientes librerías

- ⤴ img : edita imágenes de los formatos bmp, gif, jpeg, ico, pcx, pixmap, png, ppm, postscript, sgi, sun, tga, tiff, xbm, xpm
- ⤴ quicktmetcl : edita videos de los formatos mov, mpeg, avi
- ⤴ http : recibe información de Internet en formato jpg.

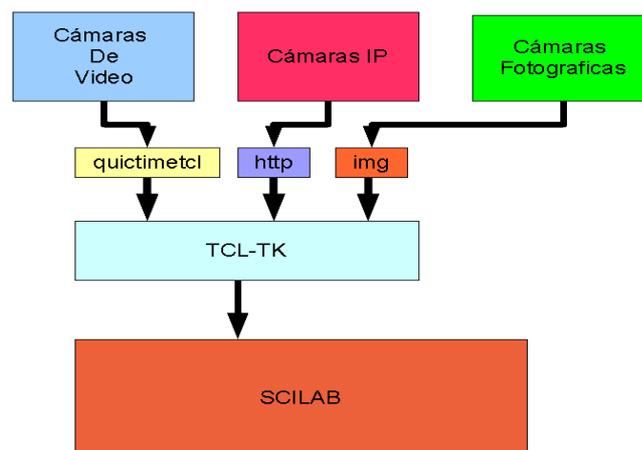


Figura 2: Esquema del programa de aplicación

Esta implementación como muestra la figura 2 permite acceder a distintos formatos de imágenes y video. Como así también a comunicarse directamente con la cámara a través de la red. Para implementar este entorno se debe bajar de internet los complementos img, http y quicktmetcl. Posteriormente en el directorio donde se instaló scilab en la dirección modules/tclsci/tcl8.5/ se copian los directorios bajados.

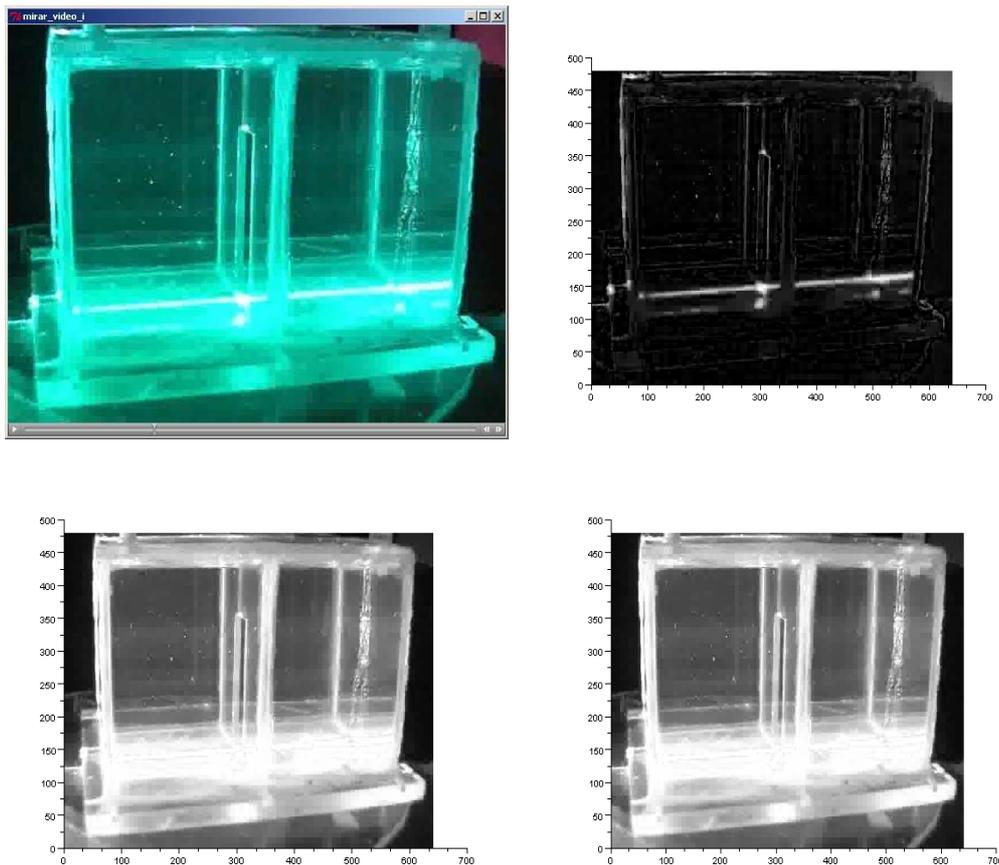


Figura 3: Imagen de video adquirida por la cámara izquierda, y las tres matrices de color rojo, verde y azul

El utilizar como base scilab y no solamente TCL-TK tiene que ver con la velocidad de procesamiento y las librerías que tiene implementado SCILAB. Por lo tanto la presentación del software y la edición de video se realiza en TCL-TK y sus complementos mientras que el procesamiento de imágenes se realiza con SCILAB. El programa puede adquirir imágenes directamente de las cámaras de video o analizar videos previamente filmados. También puede adquirir imágenes de diversos medios. Tales como:

- ▲ Cámaras fotográficas
- ▲ Cámaras de video
- ▲ Cámaras IP

Cada uno de estos medio utiliza un formato distinto de imágenes o videos, en general guardan la información en caso de imágenes, en archivos JPG y en videos en archivos MPEG. El programa implementado lee estos archivos junto con un conjunto muy amplio de formatos de imágenes video. Transforma los mismos en matrices para transferirlos a scilab para procesar esa información y calcular el campo de velocidades. Las imágenes se pueden separar en tres matrices de distinto color: rojo, verde y azul. Como se muestra en la figura 3 depende del color del láser utilizado la claridad de la imagen que se obtiene al convertir la información en matriz. Para realizar el cálculo del campo de velocidades se utiliza una de las tres matrices.

Para procesar la información proveniente del video, se adquiere los mismos utilizando una rutina del quicktimecl. Se selecciona la escena en función del tiempo y se la convierte a imagen posteriormente se convierte en las matrices descritas en el párrafo anterior.

El programa de la figura 4 tienen un conjunto de menús los cuales se describen a continuación. El menú *Izquierda* se utiliza para realizar las siguientes funciones en la imagen izquierda.

- ▲ Adquirir las imágenes
- ▲ Adquirir los videos
- ▲ Convertir la escena de video en imagen
- ▲ Convertir en matriz roja, verde o azul
- ▲ Posicionar en determinado tiempo del video
- ▲ Georeferenciar en dos dimensiones la imagen.

El menú **Derecha** realiza las mismas funciones para la cámara derecha. En el menú 3D se obtiene la calibración en tres dimensiones de las dos imágenes previo cálculo de las calibraciones en cada una de las cámaras. En el menú Proc Izq se realiza los llamados a las subrutinas que procesan las imágenes en el entorno scilab y permiten calcular el campo de velocidades.



Figura 4: Menú del del programa video que permite editar las imágenes para calcular PIV

Se describirá los modos de adquisición de imágenes que se puede realizar con este sistema de cámaras y programa. La adquisición de imágenes grabando video y tomando imágenes directamente de la cámara.

VIDEOS

En la figura 5 se muestra el programa suministrado por el fabricante que permite filmar los videos con las cámaras. Este programa crea un video por cada cámara, el cual debe ser editado para realizar el calculo del campo de velocidades.

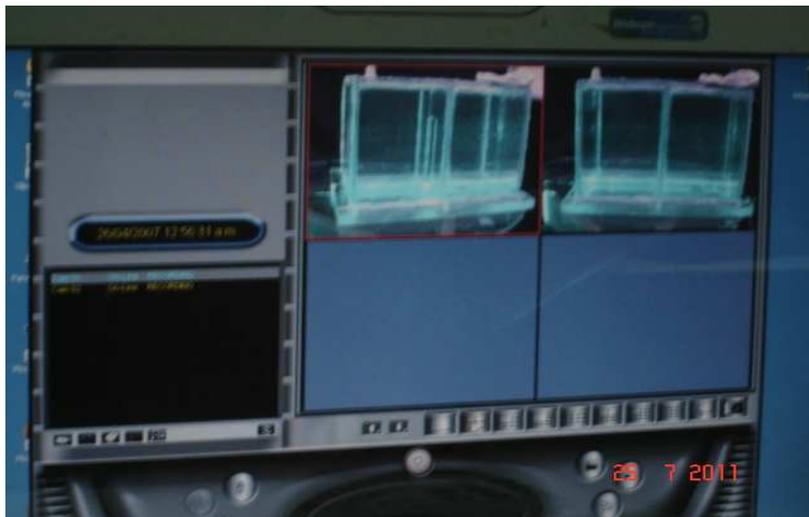


Figura 5: Interfase de control de las cámaras

Esta interface permite iniciar la adquisición de imágenes a una determinada hora y las cámaras adquieren el video simultáneamente. Los videos no se presentan a tiempo real, pero las cámaras funcionan simultáneamente. No obstante se debe verificar la simultaneidad ya que es indispensable para poder rearmar la imagen en tres dimensiones del campo de velocidades.

CAMARAS IP

Las cámaras IP son dispositivos que tiene integrado en el mismo sistema una cámara, un micro controlador, un controlador ethernet y en la mayoría de los casos un controlador WI-FI. El software del micro controlador tiene implementado un webserver donde se puede configurar el acceso a Internet, el acceso a wifi y las propiedades de las cámaras. Este webserver tiene una dirección desde donde un usuario puede acceder a la imagen que se está tomado a tiempo real. Para que el programa pueda adquirir las imágenes directamente desde las cámaras IP. Se utiliza la librería http de TCL-TK que previa configuración se conecta directamente con el webserver de las cámaras y puede descargar archivos de las mismas. Se desarrolló un programa denominado *camarasip* que toma imágenes de dos cámaras y las guarda en un directorio especificado. El programa realiza un llamado para adquirir una imagen de una de las cámaras y posteriormente de la segunda. Luego de un tiempo especificado realiza la segunda llamada para las dos cámaras. Se debe verificar la simultaneidad de las imágenes para poder garantizar el correcto funcionamiento del sistema. En la figura 6 se muestra dos imágenes adquiridas utilizando el método descripto.

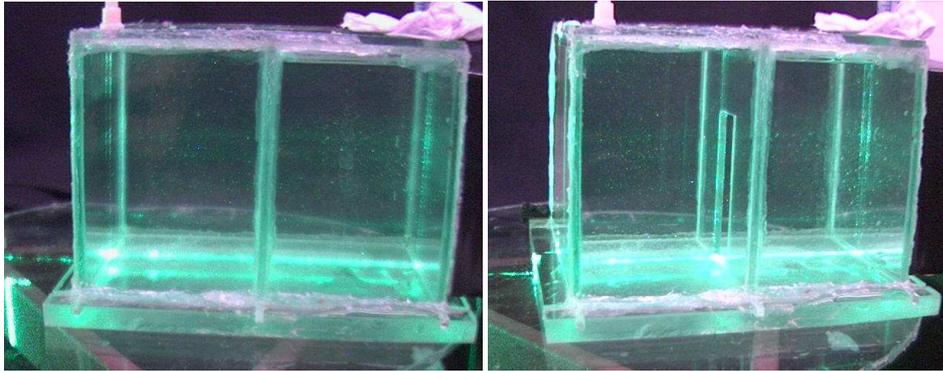


Figura 6: Imágenes adquiridas utilizando camarasip

DETERMINACIÓN DE LA SIMULTANEIDAD DE LAS IMAGENES

Para coordinar los videos o imágenes de las dos cámaras. Se debe implementar un circuito externo que permita encontrar las imágenes que fueron tomadas simultáneamente. Con este fin se utiliza una plaqueta que tiene un micro controlador 18f4550. Esta plaqueta se puede comunicar con una computadora PC a través del puerto USB. La misma dispone de un conjunto de cuatro leds que pueden ser programados por el usuario.

El programa de control de la plaqueta fue desarrollado en C. el mismo controla cuatro LEDS enviando los dieciséis número entre 0 y 16 sobre el puerto donde se encuentran los led. El intervalo de tiempo entre dos números es variable y se controla desde la computadora a través del puerto USB. De esta forma los led se encienden siguiendo un patrón que puede ser filmado por las cámaras obteniéndose así el sincronismo entre ellas. Con este fin se debe buscar en el video que coincidan los leds prendidos. En esa situación ambas cámaras quedan coordinadas. El programa de control de la PC fue desarrollado en labview y permite controlar la plaqueta de forma de disponer de un conjunto grande y variable de intervalos posibles.

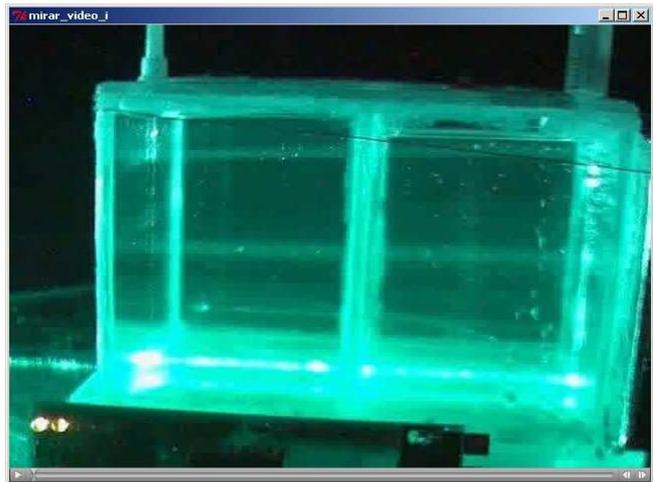


Figura 7: Plaqueta del micro controlador 18f4550 e complementación en el experimento del calibrador. Se observa dos leds prendidos.

El programa del micro controlador está compuesto por dos partes. La rutina encargada de comunicarse con la Pc utilizando el puerto USB y la rutina de interrupción que se activa cuando se desborda el contador TMR0. En la figura 8 se muestra el diagrama de flujo de la rutina de comunicación. La cual espera recibir un pedido de escritura de la PC y responde a un protocolo muy simple que recibe un código ascii y responde según la tabla 2.

Orden	Acción
P	prender
A	apagar
n	Velocidad normal
r	Velocidad rapida
vxxx	Cambio de periodo con el número en xxx

Tabla 2: Respuesta del micro controlador a órdenes de la computadora

En este micro controlador el TMR0 se puede configurar como de ocho bits o de 16 bits. En dieciséis bits el mínimo intervalo disponible es de 0.2 seg. Este es el funcionamiento denominado normal del calibrador. En ocho bits el intervalo mínimo disponible es de 409 microsegundos y se denomina rápido. El valor denominado xxx se debe multiplicar al periodo. En la figura 10 se muestra la subrutina que calcula el intervalo.

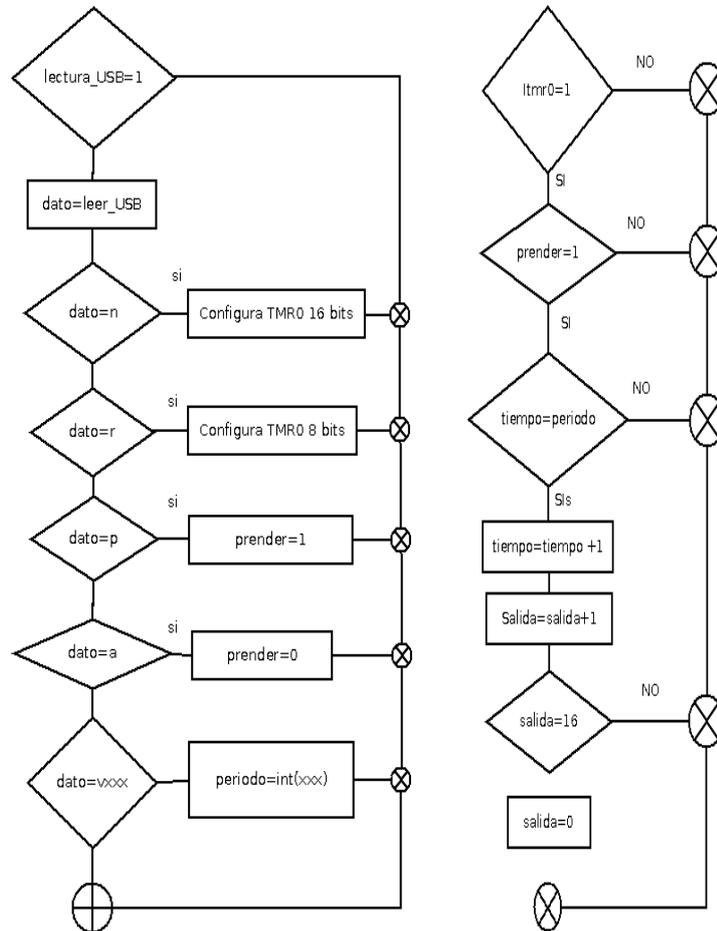


Figura 8: Diagrama de flujo del programa dentro del micro controlador

ANÁLISIS ACERCA DE LA SIMULTANEIDAD

Para el programa camarasIP, que realiza la adquisición de imágenes utilizando la red se midió que el tiempo de adquisición de las imágenes de las dos cámaras es 0.02 segundos por lo tanto se considera que es menor a 0.2 segundos

El resultado obtenido al utilizar el software propietario con las dos cámaras en simultaneo tubo mejor resultado que el punto anterior dado que se puede ajustar con una precisión mayor, el sistema adquiere hasta 0.05 imágenes por segundo. En la figura 9 se observa dos imágenes de los videos tomados. Se observan los leds que permiten coordinar la simultaneidad. Cada una de estas imágenes son tratadas y se obtiene el campo de velocidades de las mismas utilizando el algoritmo descrito en (Hoyos et al, 2004), la calibración de las distancia fue descrito exhaustivamente en (Hoyos, et al 2005). Dependiendo del estado de la red, el video tiene mejor resolución en el tiempo. Por lo tanto la calibración se realiza para cada medición.

Finalmente el tiempo de muestreo puede ser determinado con el calibrador.

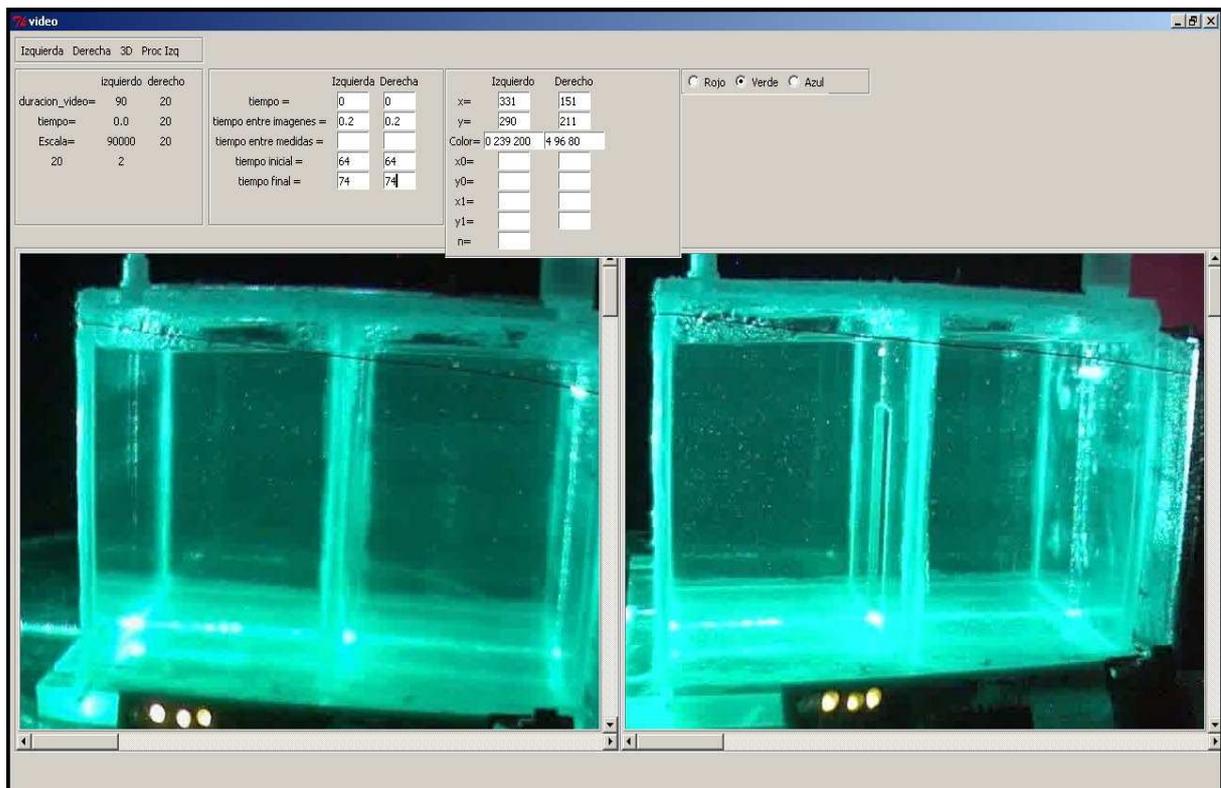


Figura 9: Imágenes obtenidas por el sistema.

CONCLUSIONES

En este trabajo se describe la implementación de un sistema de medida basado en imágenes. Su implementación física. Los circuitos auxiliares necesarios para implementar los mismos.

La ventaja del sistema consiste en que puede recibir información de distintos medios y calibrar las cámaras en el espacio y en el tiempo. El programa desarrollado que permite editar un número muy alto de archivos, tiene problemas cuando se actualiza el hardware dado que los algoritmos de compresión de las cámaras cambian continuamente.

El sistema fue probado sobre cámaras fotográficas que toman secuencias de imágenes. Por ejemplo tienen funciones que permiten sacar secuencias de fotografías. Este tipo de imágenes se puede utilizar para PIV en dos dimensiones dado que son muy difíciles de coordinar. También fue probado sobre cámaras convencionales tanto analógicas como digitales.

El láser utilizado es la parte del equipamiento que a futuro se debe analizar. Se realizó este método con láseres a diodo que son de un costo muy bajo. Pero no se pudo adquirir imágenes apropiadas.

REFERENCIAS

- I. De Paul; D. Hoyos; L.Saravia (1997) Circulación y velocidad del vapor de agua en destiladores de geometría diferente Avances en energías renovables
- R. J. Adrian (2004) TWENTY YEARS OF PARTICLE IMAGE VELOCIMETRY 12th International Symposium on Applications of Laser Techniques to Fluid Mechanics, Lisbon, July 12-15, 2004
- Lawson, N. and Wu, J. (1997). "Three-dimensional particle image velocimetry: error analysis of stereoscopic techniques", Measurement science and technology, 8, pp. 894-900.
- J Westerweel (1997) Fundamentals of digital particle image velocimetry Measurement. Science. Technology. Vol 8 Num 12 Pag 1379
- FS. Coudert, J. Westerweel and T. Fournel (2001) Comparison between asymmetric and symmetric stereoscopic DPIV system
- D. Hoyos, I. De Paul SISTEMA de MEDICIÓN DE VELOCIDAD EN FLUIDOS EN TRES DIMENSIONES.(2004) Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 8, N° 2, 2004. ISSN 0329-5184 pagina 08.73-08.78
- D. Hoyos, M. Villena HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA MEDIR AREAS DE ASOLEAMIENTO TRIDIMENSIONALES (2006) Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 10, 08107-08113 ISSN 0655-0661

ABSTRACT

En energías renovables existe un conjunto de problemas que requiere conocer el campo de velocidades de un fluido en tres dimensiones y que el sistema de medida no influya en el campo de velocidades. En este trabajo se describe un sistema de

medición compuesto por: un sistema de adquisición de imágenes, un conjunto de interfaces y un programa que permite medir los campos de velocidades en fluidos. Este sistema permite realizar estereografía digital, implementar el método PIV en tres y en dos dimensiones. El programa se desarrolló de forma de controlar distintas tecnologías de cámaras.

In renewable energies there is a set of problems requires knowledge of the velocity field of a fluid in three dimensions and the measurement system does not influence the velocity field. This paper describes a measurement system comprising: an imaging system, a set of interfaces and a program to measure velocity fields in fluids. This system allows digital stereograph, implement the PIV method in three and two dimensions. The program was developed so as to control various camera technologies.

Keywords: solar energy, instrumentation particle image velocimetry