

Cámara “Todo el Cielo” para el Telescopio DIMM de la Isla Guadalupe.

F. Murillo, G. Sierra, S. Zazueta, G. Guisa, J. Herrera, J.M. Núñez, R. Michel.

Instituto de Astronomía. Universidad Nacional Autónoma de México.
Km. 103 Carretera Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., México.

RESUMEN:

En este trabajo se presenta el desarrollo del control de una cámara “todo el cielo” para el DIMM de Isla Guadalupe. La cámara utilizada fue una Nikon D70 con lente de ojo de pez. Se utilizó una microcomputadora embebida modelo Beaglebone para controlar la cámara a

través de su puerto USB. Se desarrolló un programa en lenguaje Python para configurar la lectura de la cámara y el manejo de las imágenes adquiridas desde una página HTML.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	2
2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	2
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA NIKON D70	4
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA LENTE “OJO DE PEZ”	4
2.3 MICROCOMPUTADORA BEAGLEBONE	4
3. PROGRAMAS	5
3.1 PAQUETE GPHOTO	5
3.2 PROGRAMA “SCRIPT” PARA ADQUIRIR IMÁGENES “TOMA_IMAGEN.SH”	5
3.3 PROGRAMA “SCRIPT” PARA COMPRIMIR Y ALMACENAR IMÁGENES	6
3.4 PROGRAMA PRINCIPAL “CONTROL_NIKON.PY”	7
3.4.1 DETALLES DEL PROGRAMA	7
4. PRUEBAS Y RESULTADOS	10
5. CONCLUSIÓN	10
6. REFERENCIAS	10
APÉNDICE A. SCRIPT PARA TOMAR IMÁGENES	11
APÉNDICE B. PIEZAS MECÁNICAS DISEÑADAS PARA SUJETAR LOS COMPONENTES DEL SISTEMA	12
APÉNDICE C. COSTOS DEL SISTEMA	17

1. INTRODUCCIÓN

En el Instituto de Astronomía se construyó recientemente un telescopio robótico para realizar estudios de la calidad del cielo en la Isla Guadalupe, ubicada frente a las costas de Baja California. El “seeing” es uno de los parámetros más importantes que determinan la calidad del cielo de un sitio para realizar observaciones astronómicas. El telescopio robótico utilizará el sistema de Monitoreo del “seeing” denominado DIMM (por sus siglas en inglés Differential Image Motion Monitor), que es uno de los sistemas más ampliamente usados en diferentes observatorios del mundo; este telescopio robótico, llamado “DIMM Guadalupe”, posee una apertura de 20 centímetros, está equipado con una máscara que contiene dos subaperturas, en una de las cuales se encuentra colocado un prisma, además usa un detector CCD (por sus siglas en inglés Charge Coupled Device). Este telescopio operará de manera autónoma (sin intervención humana) en el sitio durante un periodo de 12 meses.

Para complementar este telescopio robótico, se construyó un sistema de adquisición de imágenes de gran campo para monitorear el cielo conocido como “Cámara todo el Cielo”. En su construcción se ha utilizado una cámara Nikon D70 con lente “ojo de pez”. Con este sistema es posible capturar imágenes a color de alta resolución de todo el cielo (del orden de 180 grados en la diagonal). Con estas imágenes se podrá tener una estadística del número de noches despejadas durante el periodo de estudio en la isla Guadalupe.

El control de esta cámara de manera remota se logró usando conexiones vía puerto USB a una microcomputadora con acceso a Internet. Se desarrolló un programa de control de la cámara que se configura desde un navegador a través de una página web (lenguaje HTML).

En las secciones siguientes se documenta la integración del sistema de Cámara de Todo el Cielo en el siguiente orden: programas desarrollados, operación de la cámara y los resultados de las pruebas realizadas.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

La cámara, la microcomputadora y las fuentes de alimentación se alojaron en un gabinete de plástico para protegerlos del ambiente y, además, se acopló un domo al gabinete para proteger la cámara del exterior y permitir la entrada de luz.

La *Figura 1* muestra la distribución de las diferentes partes del sistema: la microcomputadora Beaglebone, la cámara y la conexión a internet.

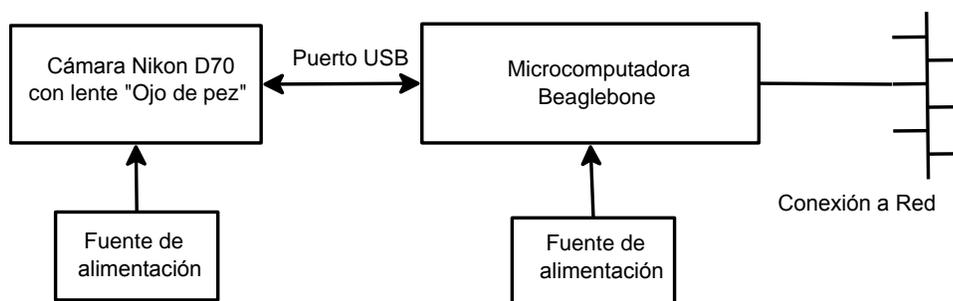


Figura 1: Diagrama a bloques de la cámara “Todo el cielo”.

Las Figuras 2 y 3 muestran fotografías del sistema en su gabinete y domo de protección. Como puede apreciarse, se maquinaron piezas para sujetar los componentes. El soporte de la cámara posee ajustes para centrar y colocar la cámara a una altura adecuada de tal manera que se acople al domo insertado en la tapa.

En el Apéndice B se muestran los planos de los sujetadores que fueron diseñados para esta aplicación.

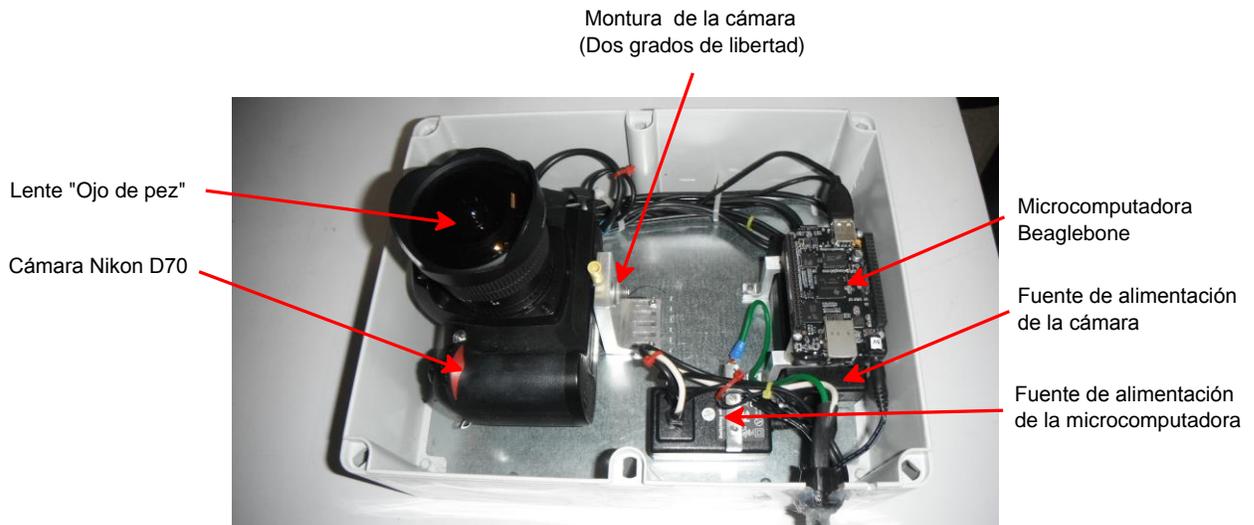


Figura 2: Integración de los componentes en su gabinete.



Figura 3: Vista de la tapa del gabinete con el domo de protección.

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA NIKON D70

La cámara Nikon D70 es de tipo Reflex, digital con detector de 6.1 megapíxeles. Su resolución permite obtener imágenes de alta definición. La Tabla 1 muestra sus características principales, dentro de ellas se encuentra su interfaz USB con protocolo PTP (“Picture Transfer Protocol”). Este protocolo permite transferir imágenes de la cámara a una computadora y es el que utilizamos en esta aplicación.

TABLA 1

Características de la cámara Nikon D70.

Píxeles efectivos	6.1 millones.
Detector	23.7 x 15.6 mm RGB CCD.
Tamaño de imagen	L (3,008 x 2,000) / M (2,240 x 1,488) / S(1,504 x 1,000).
Sensibilidad	ISO 200 a 1600.
Interfaz	USB: como almacenamiento o PTP.

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LALENTE “OJO DE PEZ”

La lente "ojo de pez" utilizada es del fabricante Rokinson; se trata de una lente esférica con 8mm de distancia focal y apertura $f/3.5$. Su campo de visión es amplio: 180 grados en diagonal. Especialmente diseñada para cámaras Nikon, Pentax, Sony y Canon, esta lente resulta apropiada para nuestra aplicación ya que se acopla a nuestra cámara y tenemos un campo amplio para ver el cielo. La *Figura 4* muestra una fotografía de la lente.



Figura 4: Vista de la lente “Ojo de pez”.

2.3 MICROCOMPUTADORA BEAGLEBONE

Se escogió para esta aplicación una microcomputadora Beaglebone ya que cuenta con los recursos necesarios para el control de la cámara. La microcomputadora posee un puerto USB, puerto de red Ethernet y sistema operativo Linux, además tiene las siguientes características [1]:

1. Procesador ARM Cortex-A8 a 720MHz con 256 MB de RAM.
2. Conectores de expansión con 70 líneas de entrada-salida.
3. MicroSD Card Slot.
4. Puerto HDMI.
5. Memoria Flash.

Para esta aplicación, la microcomputadora fue equipada con una memoria SD de 16 GB que le permite almacenar hasta 10,000 fotografías de mediana resolución y formato JPG. Si consideramos que se tomará una imagen cada dos minutos por periodos de 10 horas, entonces se pueden almacenar imágenes de hasta 30 noches.

3. **PROGRAMAS**

En esta sección se describen los programas desarrollados para el control de la cámara, todos ellos se ejecutan en la microcomputadora Beaglebone.

3.1 **PAQUETE GPHOTO**

Gphoto es un conjunto de aplicaciones de software y bibliotecas para uso en fotografía digital. Gphoto realiza la adquisición de imágenes y configuración de parámetros de la cámara, siempre y cuando ésta los soporte. Es un software gratuito de código abierto. Acepta más de 1700 cámaras, se ejecuta en un sistema operativo Linux y soporta el protocolo PTP que maneja la cámara Nikon que estamos utilizando [2]. Con esta aplicación podemos definir tiempos de exposición e indicarle a la cámara que tome una imagen y descargue el archivo en nuestra computadora.

3.2 **PROGRAMA “SCRIPT” PARA ADQUIRIR IMÁGENES “TOMA_IMAGEN.SH”**

Dado que el programa Gphoto se ejecuta desde una terminal de Linux, se escribió un script para llamarlo y enviarle el tiempo de exposición. El script también tiene la opción de sumar imágenes si se requiere; el número de imágenes a sumar se le envía como argumento.

Esta funcionalidad permite obtener imágenes más brillantes en noches oscuras ya que el tiempo de exposición máximo configurable en la cámara es de 30 segundos.

La *Figura 5* muestra el diagrama de flujo del script. La suma de las imágenes se realiza utilizando el programa “convert” del paquete de utilerías “ImageMagick” que normalmente está instalado en el sistema operativo Linux [3].

El listado completo se muestra en el Apéndice A.

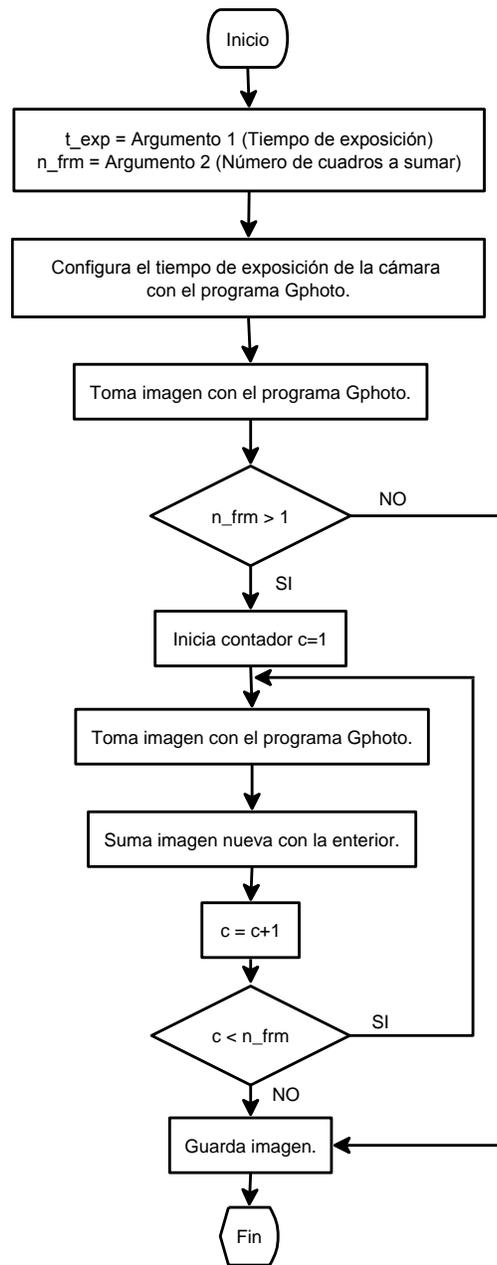


Figura 5: Diagrama de flujo del script “toma_imagen.sh”

3.3 PROGRAMA “SCRIPT ” PARA COMPRIMIR Y ALMACENAR IMÁGENES

Todas las imágenes tomadas durante una noche son comprimidas en un solo archivo con extensión “.tar.gz” y posteriormente borradas del disco; para ello escribimos un script denominado comprime.sh cuya tarea es generar el archivo comprimido. El nombre del archivo se forma con base en la fecha en que se generó.

El script, que se reproduce en la Figura 6, es ejecutado diariamente a las 12 horas del día. Para esto se habilitó un cron-tab en el sistema operativo que llama al script a esa hora de forma automática.

```
#!/bin/sh
DIA=$(date +%d)
MES=$(date +%m)
ANO=$(date +%y)
cd /media/c/static/imagenes
tar -zcvf /media/c/static/zip_files/"$MES-$DIA-$ANO.tar.gz" *.jpg
rm /media/c/static/imagenes/*
```

Figura 6: Script para comprimir las imágenes.

3.4 PROGRAMA PRINCIPAL “CONTROL_NIKON.PY”

El programa de aplicación principal denominado “control_nikon.py” que se desarrolló en lenguaje Python, lleva el control de la adquisición de las imágenes. De acuerdo a su configuración decide a qué hora iniciará y terminará con la toma de imágenes, la periodicidad con que lo hará y cuantas imágenes se van a sumar.

El programa sirve una página HTML que puede ser vista en un navegador (ver *Figura 7*), desde ahí se puede visualizar la última imagen adquirida, la hora actual y a qué hora se tomó la última imagen. Muestra, además, un par de ligas en la parte inferior: “configuración” y “Archivo”, que dan acceso al menú de configuración y al archivo de imágenes.

Al seleccionar el menú de configuración en nuestro navegador, obtenemos la página mostrada en la *Figura 8*. Ahí seleccionamos el tiempo de exposición, hora de inicio, hora de fin y el número de imágenes que queremos sumar. Presionando el botón “Actualiza” se envían los parámetros al programa de control, el cual trabaja con ellos inmediatamente.

Presionando la liga “Archivo” obtenemos la vista mostrada en la *Figura 9*. Básicamente son dos ligas: “Imágenes” y “zip_files”, que dan acceso a la lista de imágenes del último día y a la lista de archivos comprimidos con imágenes de los días anteriores, respectivamente. (Ver *Figuras 10 y 11*).

3.4.1 DETALLES DEL PROGRAMA

El programa consta de tres hebras de ejecución “Threads” que se ejecutan simultáneamente, la primera se encarga del manejo de las conexiones al puerto http. La segunda se encarga de supervisar si es momento de tomar imágenes y la tercera toma las imágenes con ayuda del script “toma_imagen.sh” descrito previamente.

La funcionalidad del programa como servidor de html es posible gracias al paquete “Flask” que se importa en Python y contiene lo necesario para el desarrollo en web [4].

Camara "Todo el cielo" del DIMM Guadalupe

Hora actual: 2014-11-21 11:31

Fecha de ultima imagen: Nov 21 11:30



[Configuracion](#) [Archivo](#)

Figura 7: Vista de la página principal generada por el programa "control_nikon.py".

Menu de configuracion

Tiempo de exposicion:

Periodicidad:

Hora de inicio:

Hora de termino:

Numero de frames:

Figura 8: Vista del menú de configuración.

Archivos de imagenes

[imagenes](#)
[zip_files](#)

Figura 9: Vista del menú de archivos de imágenes.

Archivos de imagenes

[11-20-14-12-01-09.jpg](#)
[11-21-14-11-00-11.jpg](#)
[11-21-14-11-02-17.jpg](#)
[11-21-14-11-04-23.jpg](#)
[11-21-14-11-06-29.jpg](#)
[11-21-14-11-08-36.jpg](#)
[11-21-14-11-10-41.jpg](#)
[11-21-14-11-12-47.jpg](#)
[11-21-14-11-14-53.jpg](#)
[11-21-14-11-16-59.jpg](#)
[11-21-14-11-19-05.jpg](#)
[11-21-14-11-21-11.jpg](#)
[11-21-14-11-24-45.jpg](#)

Figura 10: Vista de la lista de imágenes del día.

Archivos comprimidos

[01-01-00.tar.gz](#)
[01-02-00.tar.gz](#)
[01-03-00.tar.gz](#)
[01-04-00.tar.gz](#)
[01-05-00.tar.gz](#)
[01-06-00.tar.gz](#)
[01-07-00.tar.gz](#)
[01-08-00.tar.gz](#)
[01-09-00.tar.gz](#)
[08-22-14.tar.gz](#)
[10-28-14.tar.gz](#)
[10-29-14.tar.gz](#)
[10-30-14.tar.gz](#)
[10-31-14.tar.gz](#)
[11-01-14.tar.gz](#)
[11-02-14.tar.gz](#)
[11-03-14.tar.gz](#)
[11-04-14.tar.gz](#)
[11-05-14.tar.gz](#)
[11-06-14.tar.gz](#)
[11-07-14.tar.gz](#)
[11-08-14.tar.gz](#)
[11-09-14.tar.gz](#)
[11-10-14.tar.gz](#)
[11-19-14.tar.gz](#)
[11-20-14.tar.gz](#)

Figura 11: Vista de la lista de archivos comprimidos.

4. PRUEBAS Y RESULTADOS

Una vez concluido el desarrollo e integración del sistema, se instaló para ser probado en el Observatorio Astronómico Nacional en la Sierra de San Pedro Mártir, donde operó por cuatro semanas de manera continua, tomando imágenes del cielo. Se comprobó que puede operar sin intervención humana durante periodos largos.

La *Figura 12* muestra un par de imágenes obtenidas durante el periodo de pruebas. Las imágenes son el resultado de la suma de dos imágenes de 30 segundos de exposición.



a) Sin luna



b) Con luna.

Figura 12: Imágenes del cielo nocturno en San Pedro Mártir

5. CONCLUSIÓN

Se presentó la construcción de un sistema para obtener imágenes de gran campo (180 grados en diagonal), aplicando la nueva tecnología de microcomputadoras Beaglebone, lo que resulta en un sistema muy compacto. La mayor parte de las dimensiones del sistema la determina el tamaño de la cámara usada para adquirir las imágenes.

El sistema puede trabajar de manera autónoma y puede respaldar imágenes tomadas cada dos minutos hasta por un máximo de 30 días continuos (esto lo determina la capacidad de la memoria de la tarjeta SD, que en este caso es de 16 GB).

El sistema fue probado en condiciones de fuertes vientos, incluyendo lluvia, lo que comprueba que es un sistema robusto, adecuado para las condiciones en que trabajará.

6. REFERENCIAS

- [1] Getting Started with Beaglebone. Matt Richardson. MakerMedia.
- [2] www.gphoto.org
- [3] www.imagemagick.org
- [4] Flask Web Development. Ron DuPlain. Packt Publishing.

APÉNDICE A. SCRIPT PARA TOMAR IMÁGENES

```
#!/bin/sh
rm /media/c/capt*. *
gphoto2 --set-config-value /main/capturesettings/shutterspeed=${1:-0}
gphoto2 --capture-image-and-download
cp /media/c/capt0000.jpg /media/c/image_suma.jpg

x=1
while [ $x -lt $2 ]
do
  echo "Frame $x"
  rm /media/c/capt*. *
  gphoto2 --set-config-value /main/capturesettings/shutterspeed=${1:-0}
  gphoto2 --capture-image-and-download
  convert /media/c/image_suma.jpg /media/c/capt0000.jpg --evaluate-sequence add /media/c/image_suma.jpg
  x=$(( $x + 1 ))
done

DIA=$(date +%d)
MES=$(date +%m)
ANO=$(date +%y)
HORA=$(date +%H)
MINUTO=$(date +%M)
SEGUNDO=$(date +%S)
cp /media/c/image_suma.jpg /media/c/static/imágenes/"$MES-$DIA-$ANO-$HORA-$MINUTO-$SEGUNDO.jpg"
mv /media/c/image_suma.jpg /media/c/static/capt0000.jpg
```

APÉNDICE B. PIEZAS MECÁNICAS DISEÑADAS PARA SUJETAR LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

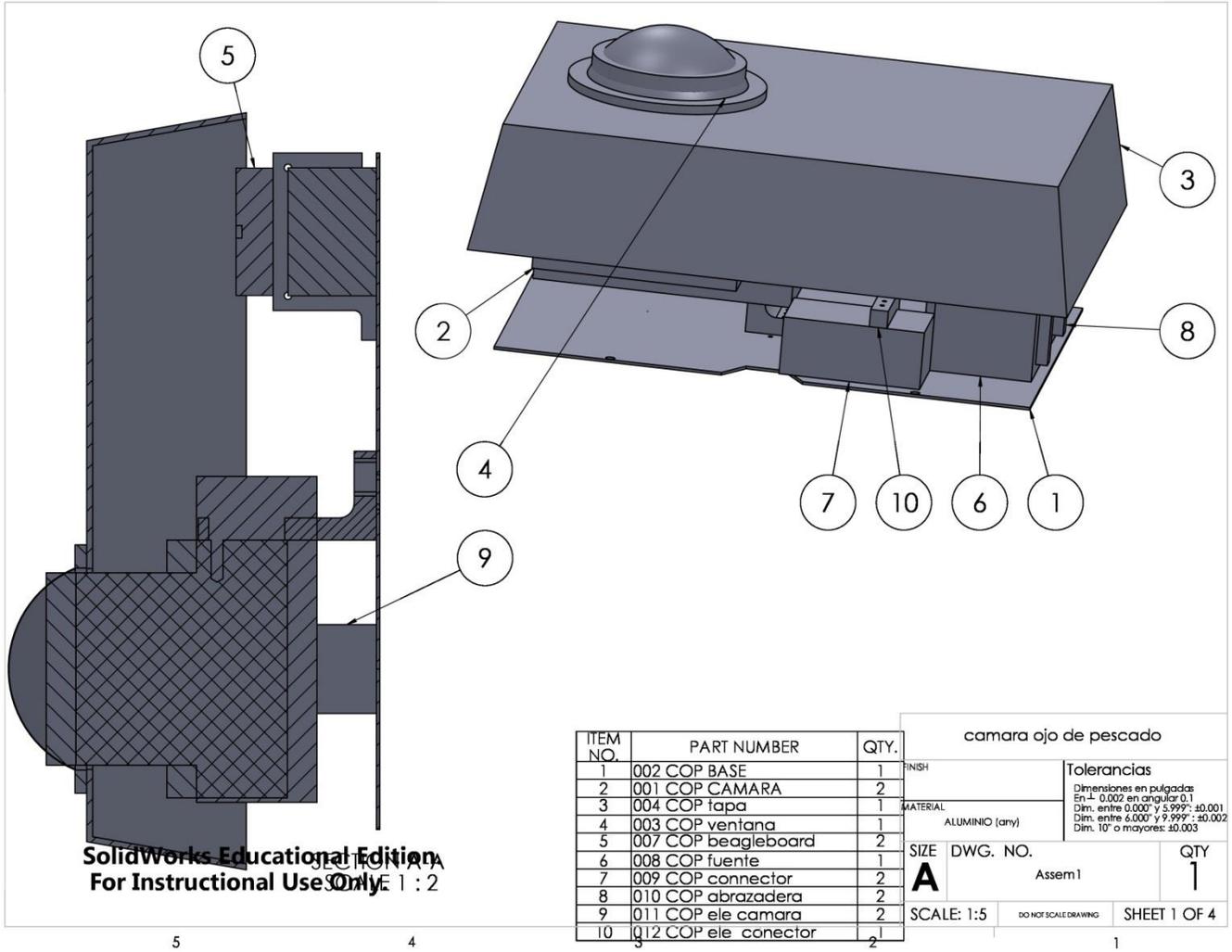
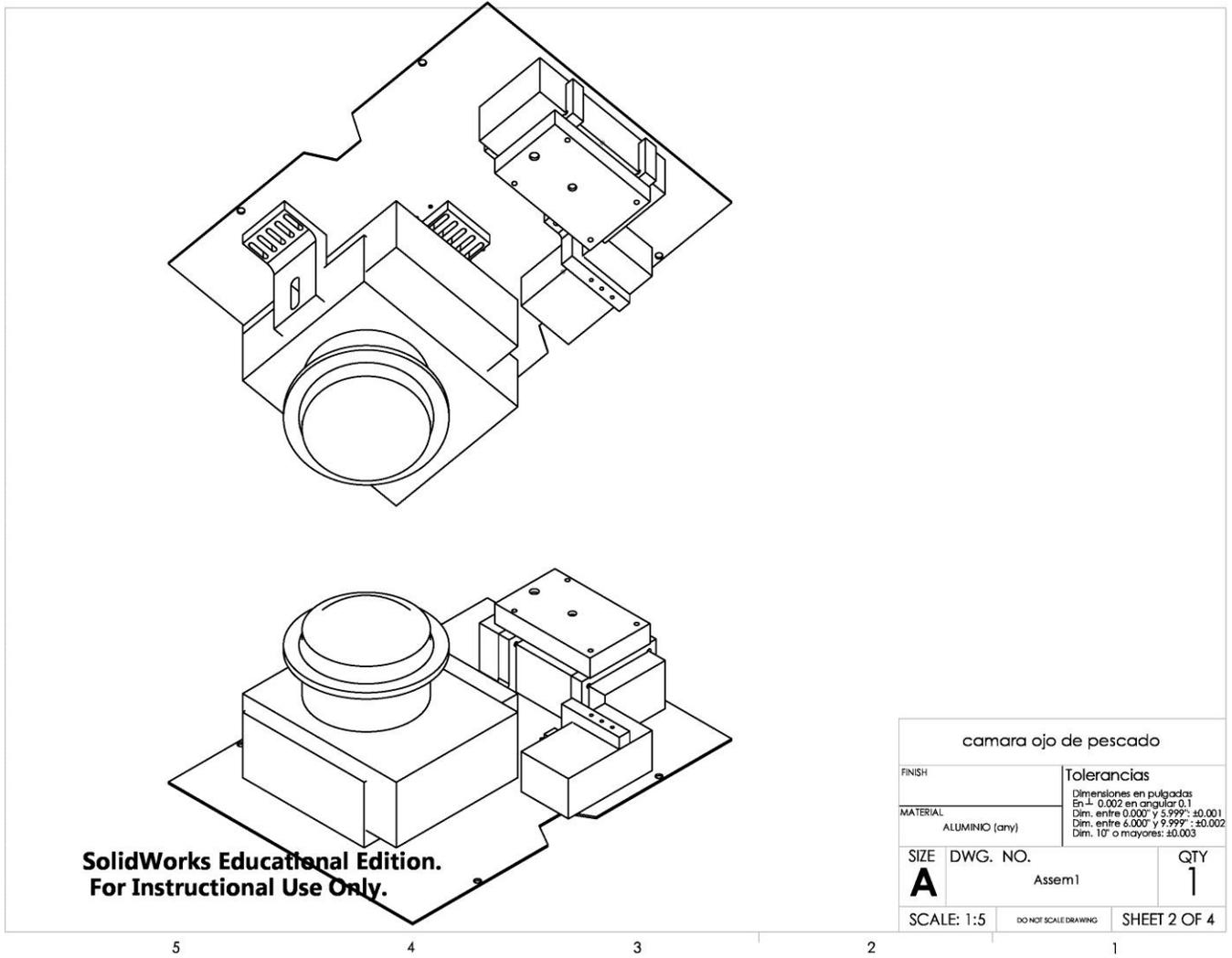


Figura B1: Vistas del gabinete y piezas de sujeción.



camara ojo de pescado		
FINISH	Tolerancias	
MATERIAL	Dimensiones en pulgadas	
ALUMINIO (any)	En \pm 0.002 en angular 0.1	
	Dim. entre 0.000" y 5.999": \pm 0.001	
	Dim. entre 6.000" y 9.999": \pm 0.002	
	Dim. 10" o mayores: \pm 0.003	
SIZE	DWG. NO.	QTY
A	Assem1	1
SCALE: 1:5	DO NOT SCALE DRAWING	SHEET 2 OF 4

Figura B2: Vistas del ensamble de todos los componentes.

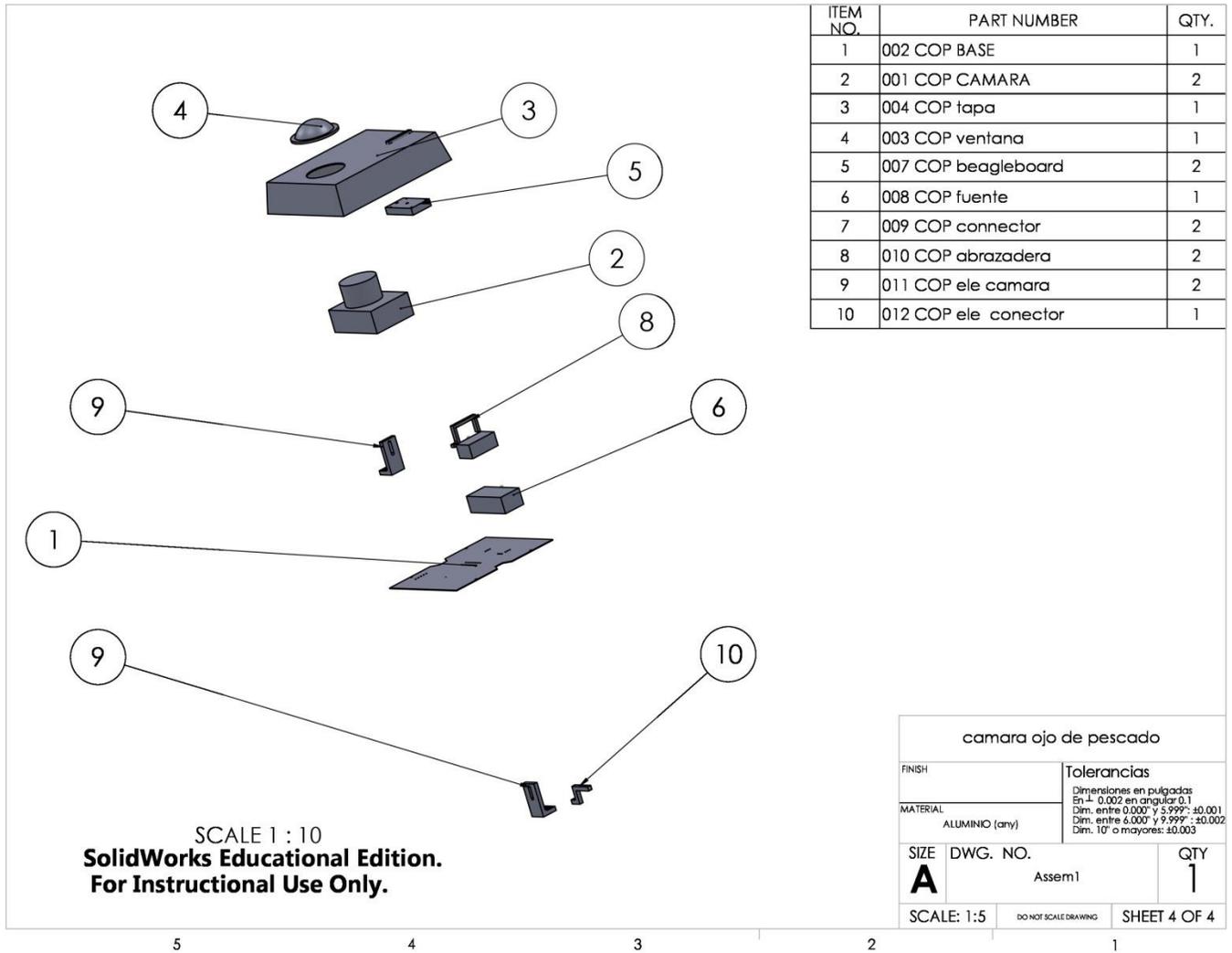


Figura B3: Ensamble de los componentes.

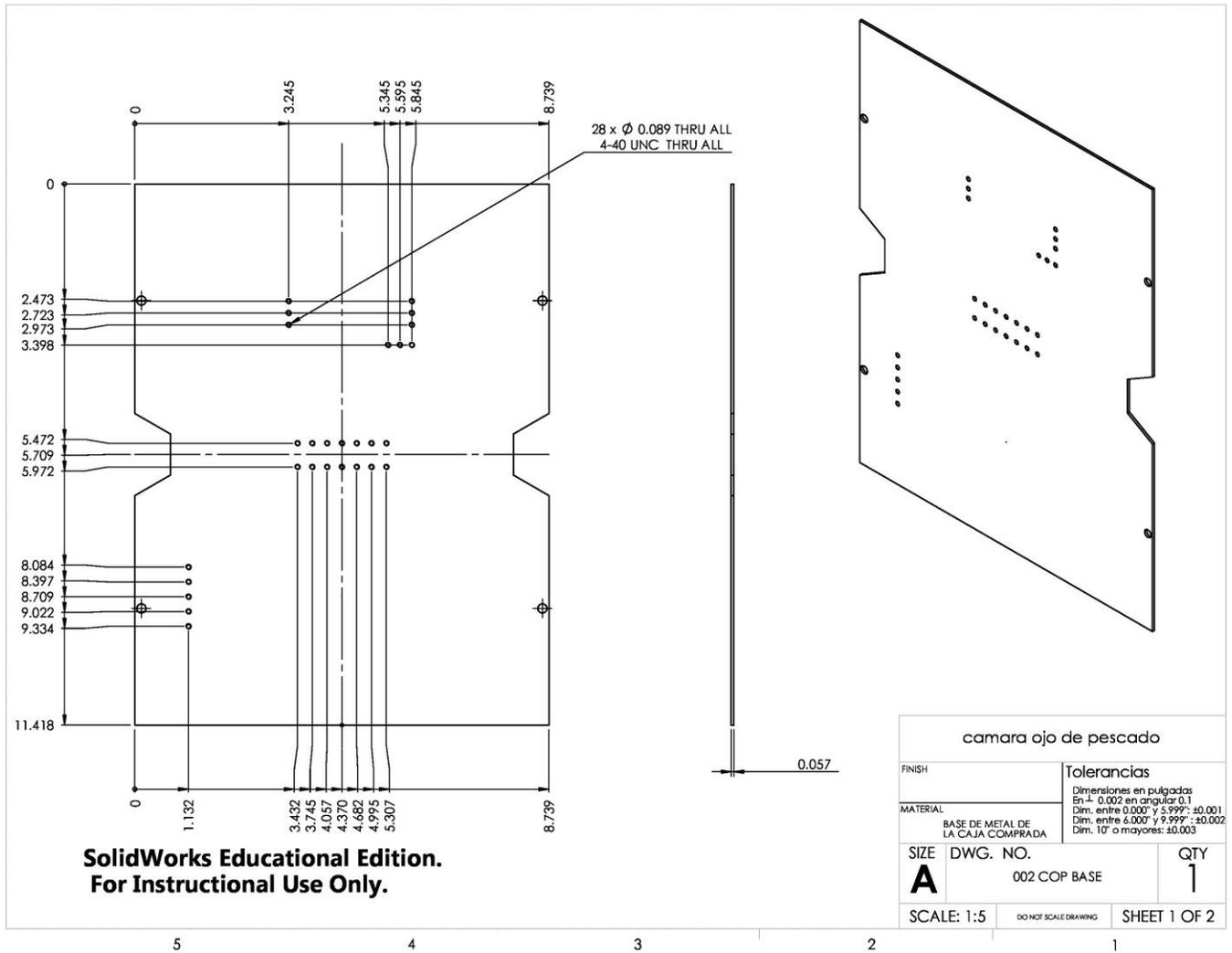


Figura B4: Base.

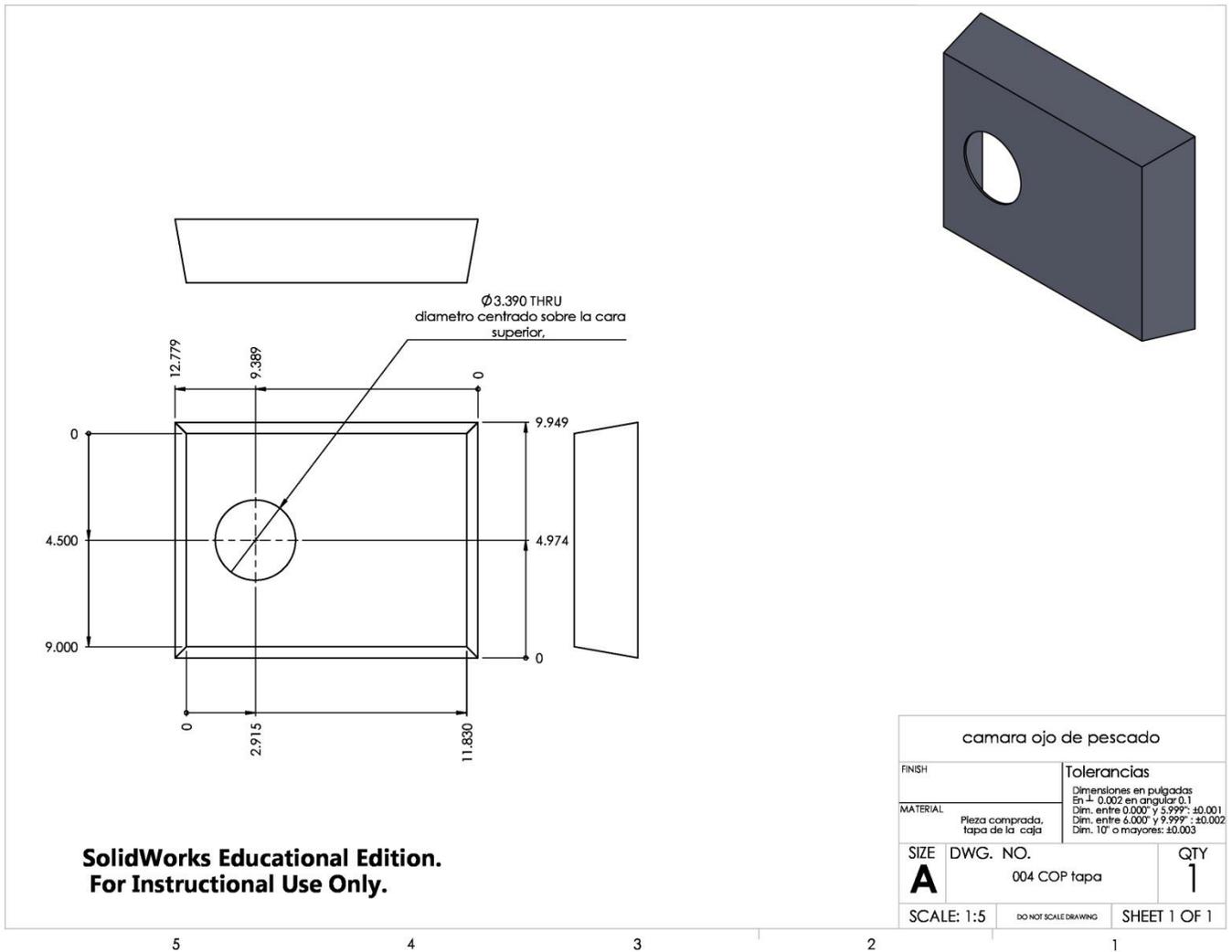


Figura B5: Tapa.

APÉNDICE C. COSTOS DEL SISTEMA

- Cámara Nikon D70. Por ser una cámara obsoleta, actualmente se consiguen usadas en muy buenas condiciones con precios entre 4200 y 5000 pesos (300 – 350 USD).
- Lente de ojo de pez Rokinson: 5600 pesos (400 USD).
- Microcomputadora Beaglebone: 1000 pesos (71.5 USD).
- Caja plástica: 900 pesos (64 USD).
- Domo de acrílico “Orion 5857” 560 pesos (40 USD).
- Eliminador de batería de 5V a 2A: 112 pesos (8 USD).
- Fuente de la cámara: 1324 pesos (94.62 USD).

