

## INFORME TRABAJO 1 SEGUNDA PARTE

Alumnos:  
Víctor Cornejo  
Jonathan Durand  
Javier Neira

Curso: Imágenes

# Informe

## Trabajo 1: Segunda Parte, Calibración de Cámara

### Índice

Índice.....	1
1. Resultados para Patrón de Círculos usando Implementación con Funciones Propias de OpenCV.....	3
1.1. Video “PadronCirculos_01.avi” .....	3
1.2. Video “PadronCirculos_02.avi” .....	4
1.3. Video “PadronCirculos_03.avi” .....	5
2. Resultados para Patrón de Círculos usando Implementación del Algoritmo de Detección de Patrón Desarrollado .....	6
2.1. Video “PadronCirculos_01.avi” .....	6
2.2. Video “PadronCirculos_02.avi” .....	7
2.3. Video “PadronCirculos_03.avi” .....	8
3. Comparación Entre los Resultados Obtenidos Mediante la Calibración con Funciones Propias de OpenCV y la Calibración realizada con el Algoritmo Implementado. ....	9
3.1. Video “PadronCirculos_01.avi” .....	9
3.2. Video “PadronCirculos_02.avi” .....	9
3.3. Video “PadronCirculos_03.avi” .....	9
4. Resultados para Patrón de Anillos usando Implementación del Algoritmo de Detección de Patrón Desarrollado .....	10
4.1. Video “PadronAnillos_01.avi” .....	10
4.2. Video “PadronAnillos_02.avi” .....	11
4.3. Video “PadronAnillos_03.avi” .....	12
5. Resultados para Nuevos Videos de Patrón de Círculos usando Implementación del Algoritmo de Detección de Patrón Desarrollado.....	13
5.1. Video “calibrar_circulo_nuevo_1280x720.wmv” .....	13
5.2. Video “calibrar_circulo_nuevo_640x360.wmv” .....	14
6. Resultados para Nuevos Videos de Patrón de Anillos usando Implementación del Algoritmo de Detección de Patrón Desarrollado .....	15

6.1.	Video “ <i>calibrar_anillo_nuevo_1280x720.wmv</i> ” .....	15
6.2.	Video “ <i>calibrar_anillo_nuevo_640x360.wmv</i> ” .....	16
7.	Resultados de Medición de distancia del Patrón a la Cámara .....	17
7.1.	Video “ <i>medir_circulo_nuevo_1280x720.wmv</i> ” .....	17
7.2.	Video “ <i>medir_circulo_nuevo_640x360.wmv</i> ” .....	17
7.3.	Video “ <i>medir_anillo_nuevo_1280x720.wmv</i> ” .....	18
7.4.	Video “ <i>medir_anillo_nuevo_640x360.wmv</i> ” .....	18
8.	Observaciones .....	19
9.	Repositorio de Referencia .....	19

## Trabajo 1: Segunda Parte, Calibración de Cámara

### 1. Resultados para Patrón de Círculos usando Implementación con Funciones Propias de OpenCV

En este algoritmo solo se utilizaron funciones propias de OpenCV, las funciones que fueron utilizadas has sido:

- *findCirclesGrid*: para la detección de puntos.
- *calibrateCamera*: para hacer la calibración.

Se obtuvieron los siguientes datos:

#### 1.1. Video “PadronCirculos\_01.avi”

Patrón		Círculos		
Video		PadronCirculos_01.avi		
Resolución		1280 x 720		
Algoritmo		Implementaciones OpenCV		
Cantidad de Frames		25	50	75
Camara Matrix	Distancia Focal fx	977.5002471	984.6282052	986.8256055
	Distancia Focal fy	978.9411999	986.0349492	987.5542541
	Centro óptico cx	650.7037796	650.2994816	651.5665164
	Centro óptico cy	339.9533877	335.7259537	337.4997196
Coeficientes de error	k1	0.019745167	0.004268747	0.015605637
	k2	-0.12402971	-0.022304144	-0.091525895
	k3	0	0	0
	k4	0	0	0
	k5	0.118197375	-0.038583697	0.077574365
	k6	0	0	0
RMS	Promedio	0.235456	0.268842	0.254819

En este video se encontró que el mejor RMS fue en el procesamiento de 25 frames y es de 0.235456.

## 1.2. Video “PadronCirculos\_02.avi”

Patrón		Círculos		
Video		PadronCirculos_02.avi		
Resolución		640 x 360		
Algoritmo		Implementaciones OpenCV		
Cantidad de Frames		25	50	75
Camara Matrix	Distancia Focal fx	495.4322696	494.3468831	490.6745051
	Distancia Focal fy	497.0497706	495.798663	492.1261096
	Centro óptico cx	327.6958878	328.1822001	327.8021306
	Centro óptico cy	169.6664775	170.4839954	170.7180886
Coeficientes de error	k1	0.034078958	0.025666228	0.026150587
	k2	-0.166324188	-0.066527844	-0.084795733
	k3	0	0	0
	k4	0	0	0
	k5	0.227551996	0.03364151	0.053486071
	k6	0	0	0
RMS	Promedio	0.171489	0.177035	0.179702

En este video se encontró que el mejor RMS fue en el procesamiento de 25 frames y es de 0.1714689.

### 1.3. Video “PadronCirculos\_03.avi”

Patrón		Círculos		
Video		PadronCirculos_03.avi		
Resolución		640 x 480		
Algoritmo		Implementaciones OpenCV		
Cantidad de Frames		25	50	75
Camara Matrix	Distancia Focal fx	682.8658968	677.8660212	679.6924558
	Distancia Focal fy	685.9558945	680.3690894	681.878164
	Centro óptico cx	305.8857817	301.8272981	304.5414779
	Centro óptico cy	265.1689868	268.8359075	269.0716326
Coeficientes de error	k1	-0.421578839	-0.40914919	-0.417917617
	k2	0.526263498	0.330673049	0.364221464
	k3	0	0	0
	k4	0	0	0
	k5	-1.014173885	-0.291132202	-0.329110935
	k6	0	0	0
RMS	Promedio	0.367528	0.317089	0.32864

En este video se encontró que el mejor RMS fue en el procesamiento de 50 frames y es de 0.317089.

## 2. Resultados para Patrón de Círculos usando Implementación del Algoritmo de Detección de Patrón Desarrollado

Para esta parte utilizamos el código de detección de puntos característicos que habíamos desarrollado anteriormente junto con la función “*calibrateCamera*”, para la cual solo activamos el flag “*CV\_CALIB\_ZERO\_TANGENT\_DIST*”.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

### 2.1. Video “*PadronCirculos\_01.avi*”

Patrón		Círculos		
Video		PadronCirculos_01.avi		
Resolución		1280 x 720		
Algoritmo		Implementación Propia		
Cantidad de Frames		25	50	75
Camara Mat	Distancia Focal fx	992.7728052	981.4133957	986.2092212
	Distancia Focal fy	996.2312016	984.6900051	989.544722
	Centro óptico cx	648.1728081	647.9020218	647.8995534
	Centro óptico cy	339.8862268	339.4199231	339.567462
Coeficientes de err	k1	0.008942394	-0.01191447	-0.004925225
	k2	-0.02217709	0.040017143	0.023256552
	k3	0	0	0
	k4	0	0	0
	k5	-0.01329891	-0.106524615	-0.084430704
	k6	0	0	0
RMS	Promedio	0.27239	0.260764	0.265345

En este video se encontró que el mejor RMS fue en el procesamiento de 50 frames y es de 0.260764.

## 2.2. Video “PadronCirculos\_02.avi”

Patrón		Círculos		
Video		PadronCirculos_02.avi		
Resolución		640 x 360		
Algoritmo		Implementación Propia		
Cantidad de Frames		25	50	75
Camara Mat	Distancia Focal fx	489.3388818	491.5089475	490.6675597
	Distancia Focal fy	491.132826	493.3339873	492.4869012
	Centro óptico cx	325.8181136	326.8866422	326.5068007
	Centro óptico cy	174.7371052	171.3448827	172.4779955
Coeficientes de err	k1	0.025588986	0.027474331	0.027776516
	k2	-0.06880817	-0.073342257	-0.076176325
	k3	0	0	0
	k4	0	0	0
	k5	-0.003978519	0.011194704	0.011736073
	k6	0	0	0
RMS	Promedio	0.204333	0.207584	0.207168

En este video se encontró que el mejor RMS fue en el procesamiento de 25 frames y es de 0.204333.



### 2.3. Video “PadronCirculos\_03.avi”

Patrón		Círculos		
Video		PadronCirculos_03.avi		
Resolución		640 x 480		
Algoritmo		Implementación Propia		
Cantidad de Frames		25	50	75
Camara Mat	Distancia Focal fx	676.2539026	691.0235444	685.7260139
	Distancia Focal fy	677.5627951	692.2360686	687.0264927
	Centro óptico cx	315.4988062	310.6450932	312.0849215
	Centro óptico cy	275.6677805	270.9086507	272.5687344
Coeficientes de err	k1	-0.382369741	-0.437324656	-0.41843498
	k2	0.213126354	0.398663534	0.342047313
	k3	0	0	0
	k4	0	0	0
	k5	-0.061467125	-0.313145247	-0.24847746
	k6	0	0	0
RMS	Promedio	0.300114	0.299125	0.301439

En este video se encontró que el mejor RMS fue en el procesamiento de 50 frames y es de 0.299125.

### 3. Comparación Entre los Resultados Obtenidos Mediante la Calibración con Funciones Propias de OpenCV y la Calibración realizada con el Algoritmo Implementado.

Hemos comparado los resultados obtenidos en los dos puntos anteriores con la finalidad de verificar cuál de ellos es más eficiente y genera un error de re-proyección (RMS) menor.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

#### 3.1. Video “PadronCirculos\_01.avi”

Video		PadronCirculos_01.avi	
		RMS's	
		Implementaciones OpenCV	Implementación Propia
Frames	25	0.235456	0.27239
	50	0.268842	0.260764
	75	0.254819	0.265345

#### 3.2. Video “PadronCirculos\_02.avi”

Video		PadronCirculos_02.avi	
		RMS's	
		Implementaciones OpenCV	Implementación Propia
Frames	25	0.171489	0.204333
	50	0.177035	0.207584
	75	0.179702	0.207168

#### 3.3. Video “PadronCirculos\_03.avi”

Video		PadronCirculos_03.avi	
		RMS's	
		Implementaciones OpenCV	Implementación Propia
Frames	25	0.367528	0.300114
	50	0.317089	0.299125
	75	0.32864	0.301439

#### 4. Resultados para Patrón de Anillos usando Implementación del Algoritmo de Detección de Patrón Desarrollado

##### 4.1. Video “*PadronAnillos\_01.avi*”

Patrón		Anillos		
Video		PadronAnillos_01.avi		
Resolución		1280 x 720		
Algoritmo		Implementación Propia		
Cantidad de Frames		25	50	75
Camara Mat	Distancia Focal fx	1016.736711	1006.815608	1008.889324
	Distancia Focal fy	1014.781698	1004.050339	1006.394202
	Centro óptico cx	658.9298462	656.2978743	656.8952443
	Centro óptico cy	343.4781742	343.1999831	343.3711343
Coeficientes de err	k1	0.02650779	0.027896407	0.027411407
	k2	0.035750385	-0.002050345	0.008396796
	k3	0	0	0
	k4	0	0	0
	k5	-0.15693292	-0.092681957	-0.1101038
	k6	0	0	0
RMS	Promedio	0.241906	0.238977	0.24038

En este video se encontró que el mejor RMS fue en el procesamiento de 50 frames y es de 0.238977.

#### 4.2. Video “PadronAnillos\_02.avi”

Patrón		Anillos		
Video		PadronAnillos_02.avi		
Resolución		640 x 360		
Algoritmo		Implementación Propia		
Cantidad de Frames		25	50	75
Camara Mat	Distancia Focal fx	516.4227229	506.5748192	510.3271618
	Distancia Focal fy	514.2974077	504.4691562	508.204054
	Centro óptico cx	327.4904433	326.029718	326.8412246
	Centro óptico cy	169.9185504	170.554875	170.2094448
Coeficientes de err	k1	0.069296308	0.042670589	0.051192375
	k2	-0.183869937	-0.076332042	-0.107049744
	k3	0	0	0
	k4	0	0	0
	k5	0.156201653	-0.001561194	0.036255159
	k6	0	0	0
RMS	Promedio	0.200165	0.210071	0.207477

En este video se encontró que el mejor RMS fue en el procesamiento de 25 frames y es de 0.200165.

#### 4.3. Video “PadronAnillos\_03.avi”

Patrón		Anillos		
Video		PadronAnillos_03.avi		
Resolución		640 x 480		
Algoritmo		Implementación Propia		
Cantidad de Frames		25	50	75
Camara Mat	Distancia Focal fx	669.0963724	696.2596552	686.5120695
	Distancia Focal fy	667.2354696	694.2545725	684.5496802
	Centro óptico cx	306.2780177	304.358479	304.5952883
	Centro óptico cy	267.8921608	268.2850175	268.1954812
Coeficientes de err	k1	-0.363883794	-0.407994617	-0.400967618
	k2	-0.12613719	0.37780743	0.301893718
	k3	0	0	0
	k4	0	0	0
	k5	1.146795212	-0.407692656	-0.203429444
	k6	0	0	0
RMS	Promedio	0.301085	0.286898	0.293796

En este video se encontró que el mejor RMS fue en el procesamiento de 50 frames y es de 0.286898.

## 5. Resultados para Nuevos Videos de Patrón de Círculos usando Implementación del Algoritmo de Detección de Patrón Desarrollado

### 5.1. Video “calibrar\_circulo\_nuevo\_1280x720.wmv”

Patrón		Círculos		
Video		calibrar_circulo_nuevo_1280x720.wmv		
Resolución		1280 x 720		
Algoritmo		Implementación Propia		
Cantidad de Frames		25	50	75
Camara Mat	Distancia Focal fx	998.7775509	998.0405265	998.2942216
	Distancia Focal fy	1003.363673	1002.111559	1002.54661
	Centro óptico cx	653.8576466	651.8300054	652.5549468
	Centro óptico cy	346.5948561	346.0312284	346.2164327
Coeficientes de err	k1	0.015876574	0.016345954	0.015970779
	k2	0.004506592	0.004324023	0.005108932
	k3	0	0	0
	k4	0	0	0
	k5	-0.08564099	-0.083348741	-0.084875067
	k6	0	0	0
RMS	Promedio	0.269296	0.274362	0.272945

En este video se encontró que el mejor RMS fue en el procesamiento de 25 frames y es de 0.269296.

## 5.2. Video “calibrar\_circulo\_nuevo\_640x360.wmv”

Patrón		Círculos		
Video		calibrar_circulo_nuevo_640x360.wmv		
Resolución		640 x 360		
Algoritmo		Implementación Propia		
Cantidad de Frames		25	50	75
Camara Mat	Distancia Focal fx	550.3217935	549.0409384	551.2706377
	Distancia Focal fy	552.5846653	550.8441496	553.2344272
	Centro óptico ex	325.914945	329.6656691	327.9981991
	Centro óptico cy	173.3898908	175.9686725	174.8350291
Coeficientes de err	k1	0.100382073	0.129824181	0.114834912
	k2	-0.117181422	-0.235977157	-0.154186556
	k3	0	0	0
	k4	0	0	0
	k5	0.091508199	0.228191406	0.097193626
	k6	0	0	0
RMS	Promedio	0.290524	0.290945	0.291823

En este video se encontró que el mejor RMS fue en el procesamiento de 25 frames y es de 0.290524.

## 6. Resultados para Nuevos Videos de Patrón de Anillos usando Implementación del Algoritmo de Detección de Patrón Desarrollado

### 6.1. Video “calibrar\_anillo\_nuevo\_1280x720.wmv”

Patrón		Anillos		
Video		calibrar_anillo_nuevo_1280x720.wmv		
Resolución		1280 x 720		
Algoritmo		Implementación Propia		
Cantidad de Frames		25	50	75
Camara Mat	Distancia Focal fx	987.2120914	1000.163861	994.1857055
	Distancia Focal fy	983.0499437	995.3176337	989.6658172
	Centro óptico cx	654.6130514	651.2559701	652.7637996
	Centro óptico cy	342.1760421	338.0639348	339.8798642
Coeficientes de err	k1	0.007505461	0.016385509	0.012336559
	k2	0.016352346	0.014444788	0.013781703
	k3	0	0	0
	k4	0	0	0
	k5	-0.07095645	-0.075737958	-0.070078016
	k6	0	0	0
RMS	Promedio	0.293598	0.288218	0.291829

En este video se encontró que el mejor RMS fue en el procesamiento de 50 frames y es de 0.288218.



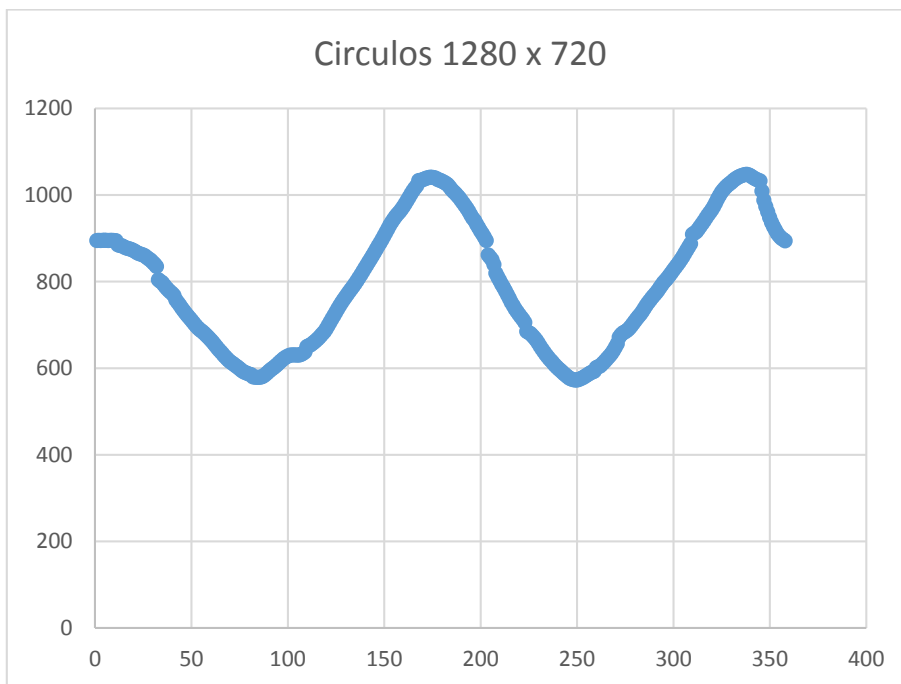
6.2. Video “*calibrar\_anillo\_nuevo\_640x360.wmv*”

Patrón		Anillos		
Video		calibrar_anillo_nuevo_640x360.wmv		
Resolución		640 x 360		
Algoritmo		Implementación Propia		
Cantidad de Frames		25	50	75
Camara Mat	Distancia Focal fx	474.7362331	484.0292433	481.5991946
	Distancia Focal fy	471.6468944	480.7255517	478.3494632
	Centro óptico cx	336.9159183	336.9591536	336.9620046
	Centro óptico cy	170.6371361	174.4532703	173.4330519
Coeficientes de err	k1	-0.015660767	0.001674281	-0.003462416
	k2	0.035710416	-0.03062514	-0.00661643
	k3	0	0	0
	k4	0	0	0
	k5	-0.088338728	-0.009605491	-0.042659571
	k6	0	0	0
RMS	Promedio	0.314888	0.337398	0.330926

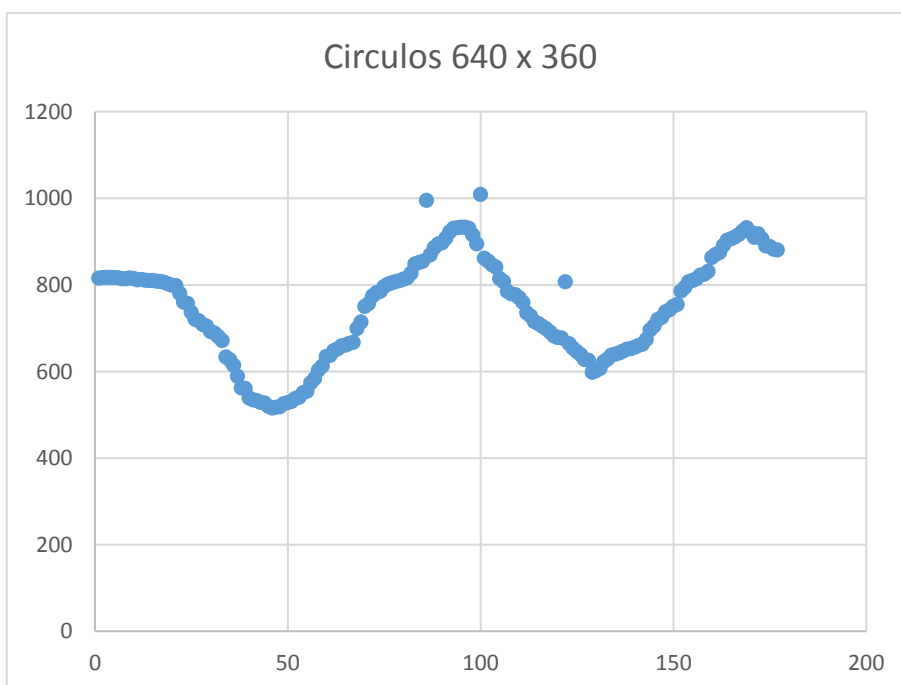
En este video se encontró que el mejor RMS fue en el procesamiento de 25 frames y es de 0.314888.

## 7. Resultados de Medición de distancia del Patrón a la Cámara

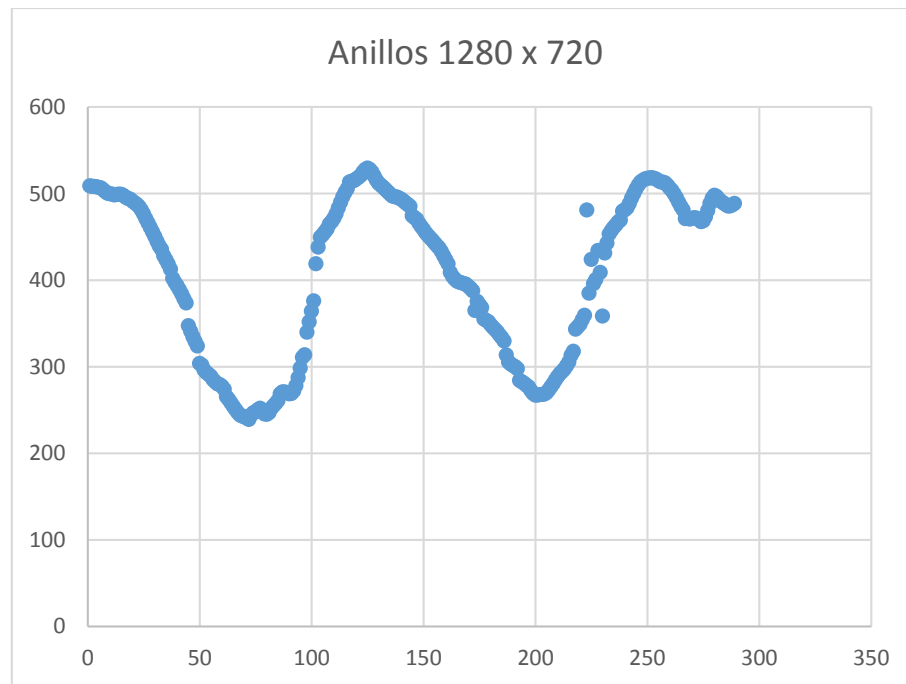
### 7.1. Video “medir\_circulo\_nuevo\_1280x720.wmv”



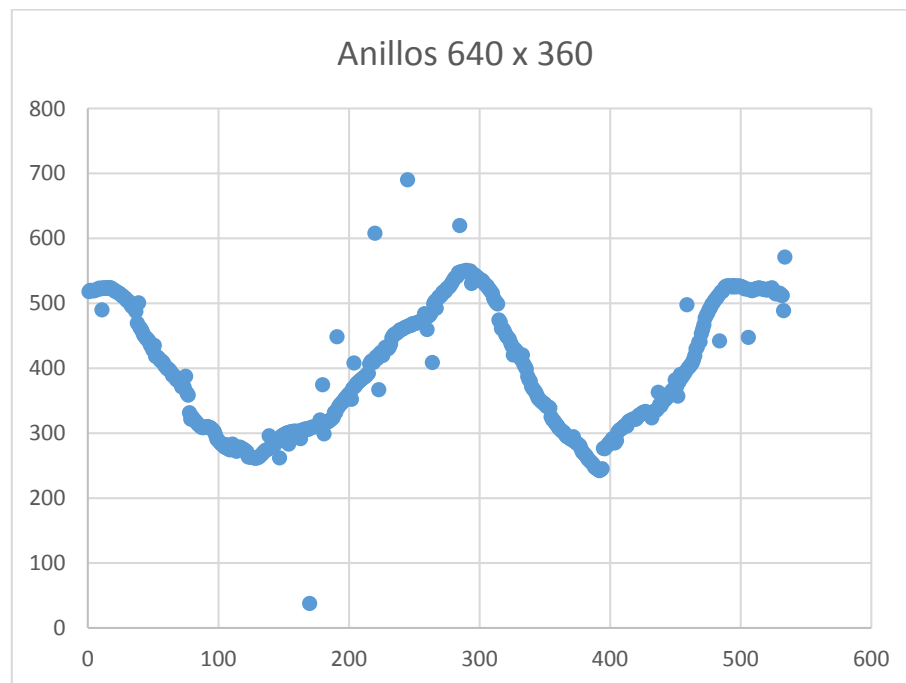
### 7.2. Video “medir\_circulo\_nuevo\_640x360.wmv”



7.3. Video “*medir\_anillo\_nuevo\_1280x720.wmv*”



7.4. Video “*medir\_anillo\_nuevo\_640x360.wmv*”



## 8. Observaciones

1. La selección de los frames realizó de 3 maneras diferentes:
  - De manera aleatoria: se generaron números aleatorios para seleccionar los frames utilizados en el proceso de calibración.
  - Mediante una selección distribuida: se seleccionaron frames de manera uniforme a lo largo de todos los frames del video.
  - Mediante una selección de los mejores RMS's: esto se realizó mediante la selección de los menores RMS's de todos los frames del video.
2. Mediante la realización de prueba, nos dimos cuenta de que se cumple lo siguiente:

$$\text{norm}(-\text{rodriguez}^T * \text{tvec}) = \text{norm}(\text{tvec})$$

## 9. Repositorio de Referencia

<https://github.com/jonathandrnd/Imagenes/tree/master/CalibracionTrabajo2>