

Universidad de Valladolid  
E.T.S Ingeniería Informática  
Grado en Ingeniería Informática  
Mención en ingeniería de software

**Curso 2017/2018**

**Evaluación y Rendimiento de Sistemas de Software**

**Práctica LRdto.PT1-Evaluación del rendimiento de un  
servidor web**

Grupo de Laboratorio 17  
Gómez Pedriza, David  
Pérez Martín, Ismael  
Rojo Álvarez, Víctor  
Román López, Antonio

# ÍNDICE GENERAL

---

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
1.1	Objetivos:	1
1.2	Carga:	1
1.3	Métricas:	2
<b>2</b>	<b>Sistema en evaluación</b>	<b>3</b>
2.1	Especificaciones del sistema a estudiar:	3
<b>3</b>	<b>Resultados y análisis de los resultados</b>	<b>4</b>
3.1	Tiempo medio de respuesta	4
3.2	Peticiones por segundo	5
<b>4</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>7</b>
4.1	Tiempo medio de respuesta	7
4.2	Peticiones por segundo	7
4.3	Conclusiones finales	8
	<b>Bibliografía</b>	<b>9</b>
<b>A</b>	<b>Anexo I: Configuraciones</b>	<b>10</b>
A.1	Herramientas:	10
<b>B</b>	<b>Anexo II: Casos de prueba</b>	<b>11</b>
B.1	Página estática pequeña	11
B.2	Página estática grande	11
B.3	Página dinámica	11
B.4	Número de pruebas	11
<b>C</b>	<b>ANEXO III: Tablas de resultados</b>	<b>12</b>
c.1	Tiempo medio de respuesta	12
c.2	Peticiones medias por segundo	14

## Introducción

---

En esta práctica someteremos a pruebas de rendimiento un servidor web Apache instalado en la máquina virtual proporcionada. En este servidor poseemos tres páginas distintas, la primera posee una imagen de poco tamaño (menor de 50 Kb), la segunda una de gran tamaño (mayor de 250 Kb) y finalmente la tercera es una página web dinámica ejecutando código PHP. Las pruebas consistirán en la ejecución del programa Apache Benchmark, con el cual podremos someter a distintos niveles de intensidad de carga a cada una de las páginas.

### 1.1 OBJETIVOS:

1. Familiarizarse con los aspectos básicos de prueba y medición del rendimiento de un sistema.
2. Familiarizarse con los procedimientos y herramientas para la realización de pruebas de carga.
3. Familiarizarse con una herramienta sencilla de benchmarking y el análisis de los resultados que proporciona.
4. Obtener una primera aproximación a las capacidades de un servidor web.

### 1.2 CARGA:

Realizaremos 12 pruebas a cada pagina web como se muestra en la tabla 1.

Clientes Concurrentes	Numero de peticiones					
		1000	5000	10000	50000	100000
	50	IC1				
	100	IC2	IC3	IC5	IC7	IC10
	250		IC4	IC6	IC8	IC11
	500				IC9	IC12

**Tabla 1:** Intensidades de carga

### 1.3 MÉTRICAS:

Debido a que en esta práctica estamos analizando como se comporta nuestro servidor ante ciertos tipos de carga nos interesa saber cuanto tiempo tarda en responder a una petición y los niveles de productividad, es decir, las peticiones por segundo en esas situaciones. Por esto, las métricas que extraeremos de los resultados de Apache Benchmark sobre el servidor para su posterior análisis son:

- Tiempo medio de respuesta.
- Peticiones medias por segundo.

## Sistema en evaluación

---

Para la realización de la tarea vamos a usar una máquina virtual proporcionada en la asignatura, en nuestro caso la número 17 (*virtual.inf.uva.es:31172*), ya que es el mismo número de nuestro grupo.

Concretamente, las direcciones de cada página sobre las que ejecutaremos las pruebas son:

- Página estática pequeña:  
`http://virtual.lab.inf.uva.es:31172/gatosPequenos.html`
- Página estática grande:  
`http://virtual.lab.inf.uva.es:31172/perrosGrandes.html`
- Página dinámica:  
`http://virtual.lab.inf.uva.es:31172/phptest.php`

### 2.1 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA A ESTUDIAR:

1. Máquina virtual de laboratorio asignada al grupo, la número 17.
2. Servidor: Hardware emulado.
3. Sistema Operativo – Ubuntu Server 16.04 LTS
4. Software servidor web: Apache
5. Memoria disponible: 4 Gb

## Resultados y análisis de los resultados

---

Para la realización de la prueba hemos lanzado el programa Apache Benchmark desde una máquina local en la red de la escuela. En concreto el comando para las pruebas ha sido el siguiente:

---

```
ab -k -s 1000000 -n Npeticiones -c ClientesConcurrentes URLweb
```

---

Lo hemos ejecutado mediante un script de forma que el número de peticiones y el número de clientes concurrentes fueran variando para cada intensidad de carga y que ejecute tres veces las pruebas, una por cada caso de prueba. Esto se ha realizado 5 veces para poder calcular la media y los intervalos de confianza para las medidas que vamos a tomar.

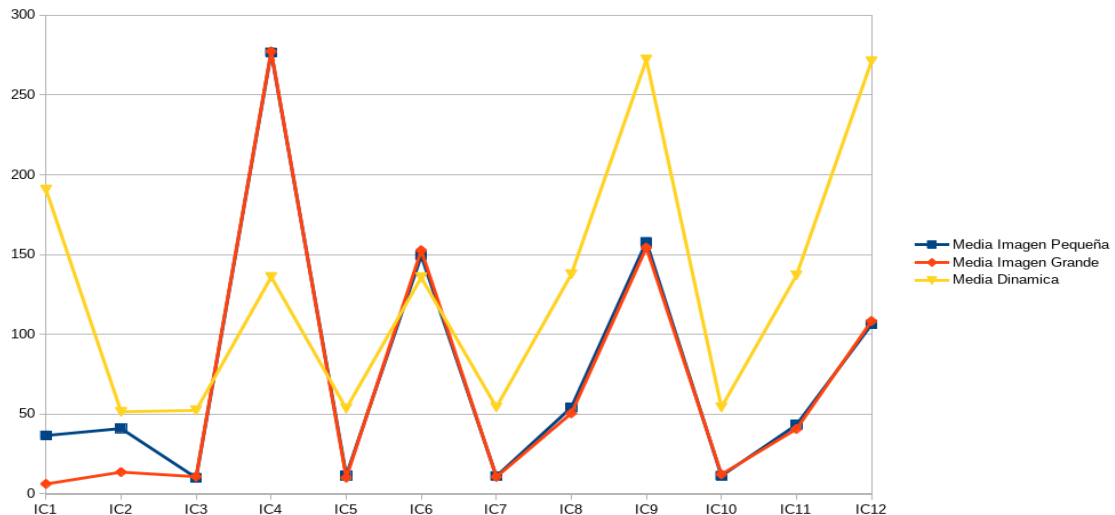
A continuación se van a analizar todos los detalles relevantes de las gráficas de resultados representadas en las imágenes 1 y 2.

### 3.1 TIEMPO MEDIO DE RESPUESTA

Tiempo medio de respuesta para cada tipo de petición e IC, representado en la figura 1:

- Lo primero que podemos observar es que el tiempo de respuesta medio disminuye notablemente después de las primeras peticiones, sobre todo en las peticiones a la página dinámica, ya que el comportamiento de las imágenes grande y pequeña es similar exceptuando las primeras peticiones en las que ocurre algo parecido a la dinámica pero en menor magnitud.
- Además, ignorando las primeras peticiones que tienen un tiempo muy grande en comparación a las demás, en esta gráfica se observa que para los IC4, IC6, IC9 e IC12 tenemos un tiempo de respuesta medio bastante mayor que en otras intensidades de carga similares (en cuanto a la relación peticiones/usuarios), las cuales son IC1, IC3, IC5, IC8 respectivamente.
- También observamos que el tiempo medio de respuesta es independiente del cociente peticiones/usuarios, ya que la relación mas grande está en IC10 y tiene un tiempo de respuesta medio menor que IC1, la relación peticiones/usuario más pequeña.
- A mayores, observamos que el comportamiento de las páginas estáticas y la dinámica da la sensación de comportarse de manera simétrica con respecto al IC6, aumentando el tiempo medio de respuesta en un tipo de página cuando disminuye el tiempo medio de respuesta del otro tipo y viceversa.

- Por último podemos observar que exceptuando el caso de IC6, el tiempo medio de respuesta de la página dinámica es prácticamente siempre mayor al tiempo medio de respuesta de las páginas estáticas.

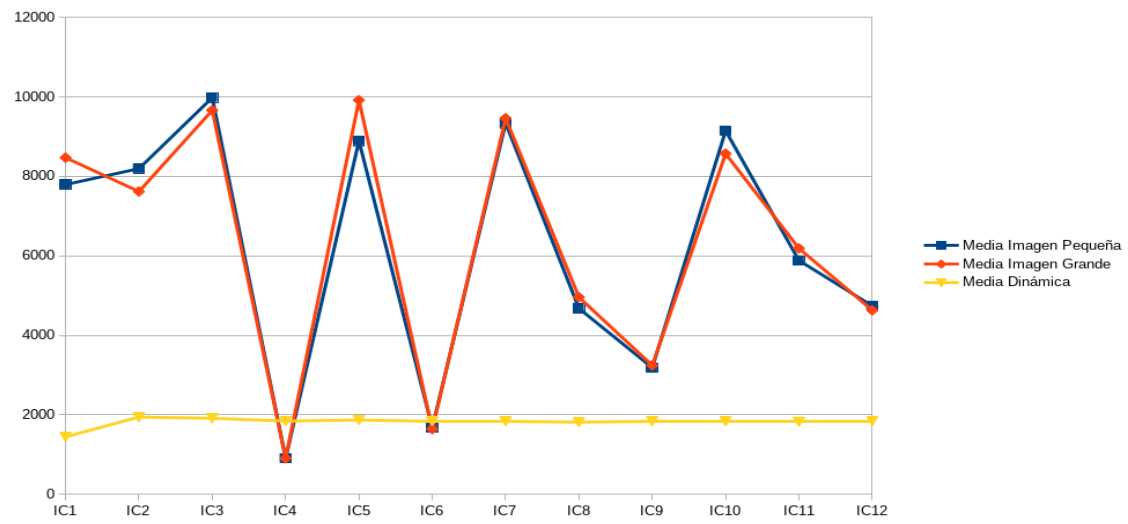


**Figura 1:** Tiempo medio de respuesta

## 3.2 PETICIONES POR SEGUNDO

Peticiones por segundo medias para cada tipo de petición e IC, representado en la figura 2:

- En esta ocasión lo primero que podemos observar en la gráfica es que el comportamiento de las páginas estáticas vuelve a ser prácticamente idéntico, al igual que en el caso anterior.
- Al contrario que en la anterior gráfica ahora el comportamiento de la página dinámica dista totalmente del de las páginas estáticas, solo se parece en el crecimiento de las peticiones por segundo en los dos primeros IC.
- Ahora, para las páginas estáticas, se nos presenta una situación inversa a la anterior en la que para los IC1, IC3, IC5 e IC7 tenemos un número medio de peticiones por segundo mayor que los IC con una relación peticiones/usuario similar, los cuales son IC4, IC6, IC9 e IC11 respectivamente.
- Nos encontramos un caso parecido a la anterior medida pero en menor magnitud, ya que en IC1 el rendimiento de las peticiones por segundo es bastante bajo para esa intensidad de carga en comparación con las demás, por ejemplo con IC2.
- Otro aspecto relevante es que las peticiones por segundo del caso de la página dinámica asciende en IC2 hasta 2000 peticiones por segundo pero ese valor no se supera en ningún IC restante.
- Por último, cabe mencionar que solo en dos IC (IC4 e IC6) las peticiones por segundo del caso de la página dinámica han sido superiores a las de los casos que tienen páginas estáticas, por lo que el número de peticiones por segundo es en casi todos los casos mayor en las páginas estáticas.



**Figura 2:** Peticiones por segundo



## Conclusiones

---

Primero extraeremos las conclusiones para cada una de las métricas y a continuación, extraeremos las conclusiones globales sobre el servidor.

### 4.1 TIEMPO MEDIO DE RESPUESTA

- La primera conclusión que observamos al ver la gráfica, las tablas y el análisis de la gráfica es que el servidor tiene un tiempo de retardo en las primeras peticiones, por lo que el tiempo medio de respuesta para el primer IC es mayor en la primera página estática y en la dinámica, ya que también tiene un retardo la primera vez que ejecuta el código .php de la página dinámica.
- Al observar las relaciones peticiones/usuarios de cada IC, observamos que hay un conjunto de ellas que, teniendo IC similares a otro conjunto, presentan unos tiempos de respuesta mayores. Esto se traduce a que para un nivel mayor de concurrencia pero misma relación peticiones/usuarios, aumenta el tiempo medio de respuesta tanto en las páginas estáticas como en la dinámica.
- Hay otra conclusión ya mencionada en el análisis que podemos extraer de la gráfica o de la anterior conclusión, y es que el tiempo medio de respuesta es independiente de la relación peticiones/usuarios, ya que como acabamos de comentar para relaciones iguales obtenemos tiempos medios de respuesta muy dispares.
- Por último, el tiempo medio de respuesta para una imagen grande y pequeña es casi indistinguible si ignoramos las primeras peticiones en la página estática pequeña en la que el servidor tarda más al ser las primeras, por lo que podemos decir que el comportamiento para una imagen grande y una pequeña es casi idéntico en nuestro caso.

### 4.2 PETICIONES POR SEGUNDO

- La primera conclusión que extraemos de las peticiones por segundo es que, como en el caso anterior, exceptuando el primer IC el comportamiento del servidor con respecto a las peticiones de las páginas estáticas tienen un comportamiento similar, pero en este caso los resultados no son exactos como en el tiempo medio de respuesta. Con esto podemos deducir que el comportamiento del servidor en peticiones por segundo es prácticamente similar en páginas estáticas.
- Siguiendo el mismo análisis que antes, observamos que distintos IC con una misma relación peticiones/usuarios se comportan de manera diferente, ya que el número de peticiones medias es mayor

en los casos en los que hay un mayor número de peticiones y usuarios (solamente en las páginas estáticas). Con esto podemos deducir que a una misma relación peticiones/usuarios, a mayor concurrencia el servidor proporcionará un número mayor de peticiones medias por segundo en las páginas estáticas.

- Algo que llama mucho la atención es el valor máximo que observamos en las peticiones por segundo en el caso de la página dinámica. El número de peticiones por segundo aumenta hasta alrededor de 2000 en IC2, y a partir de ahí no se sobrepasa en ningún momento. Esto se asocia a un cuello de botella en el servidor con la página dinámica en 2000 peticiones por segundo, por lo que debido a sus limitaciones no puede sobrepasar este umbral.
- Por último, una conclusión final que podemos sacar es que las peticiones del caso de la página dinámica tiene un número de peticiones por segundo medias menor que los casos de las páginas estáticas, por lo que las peticiones por segundo son mayores en páginas estáticas que dinámicas.

### 4.3 CONCLUSIONES FINALES

- Globalmente, podemos analizar la aplicación respecto a su escalabilidad:
  - En cuanto a las páginas dinámicas, el servidor se comporta de manera correcta cuando se aumenta la concurrencia en las peticiones, no subiendo linealmente respecto a las peticiones, sino que mantiene un tiempo razonable con un aumento de la concurrencia, por lo que podemos decir que es escalable en el ámbito de las páginas estáticas.
  - En el caso de las páginas dinámicas no podemos decir lo mismo, ya que aunque su tiempo medio no aumenta de manera alarmante presenta un cuello de botella en las 2000 peticiones por segundo, por lo que al aumentar nuestra demanda no va a aumentar el número de peticiones por segundo del servidor, lo que supone cada vez un mayor tiempo de respuesta al aumentar las peticiones. Presenta una mala escalabilidad para las páginas dinámicas.
- Para finalizar, observamos que el servidor necesita un pequeño tiempo para procesar las peticiones con la velocidad normal, por lo que debemos tener en cuenta esos casos para la evaluación del comportamiento medio del servidor.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- [1] "Recursos de laboratorio", apuntes de clase para 46925 (ERSS), Departamento de Informática, Universidad de Valladolid, primavera 2018.  
*Recursos y herramientas para la elaboración de las prácticas de laboratorio.*  
Consultado el 19/04/2018, disponible en [https://aulas.inf.uva.es/pluginfile.php/39842/mod\\_resource/content/4/Lab\\_ERSS\\_RH\\_1718.pdf](https://aulas.inf.uva.es/pluginfile.php/39842/mod_resource/content/4/Lab_ERSS_RH_1718.pdf)
  
- [2] "Introducción a ERSS", apuntes de clase para 46925 (ERSS), Departamento de Informática, Universidad de Valladolid, primavera 2018.  
*Introducción a los sistemas de evaluación y rendimiento de sistemas software.*  
Consultado el 19/04/2018, disponible en [https://aulas.inf.uva.es/pluginfile.php/39722/mod\\_resource/content/3/ERSS\\_E1\\_1718.pdf](https://aulas.inf.uva.es/pluginfile.php/39722/mod_resource/content/3/ERSS_E1_1718.pdf)



## ANEXO I: Configuraciones

---

- **Cliente:** ordenador personal conectado a la red de la escuela por ethernet.
- **Servidor:** máquina virtual.

### A.1 HERRAMIENTAS:

Apache Benchmark para la ejecución de las pruebas de carga, cuyas especificaciones como cliente son las siguientes:

- timeout: 1000000
- keepalive: activado.
- Peticiones y concurrencia respectivas para cada ejecución.

Para el servidor tenemos las siguientes configuraciones:

- timeout: 1000000
- keepalive: activado.

## ANEXO II: Casos de prueba

---

A continuación se detalla cada página utilizada en las pruebas del servidor:

### B.1 PÁGINA ESTÁTICA PEQUEÑA

Consta de una página estática en HTML formada por un título y una imagen de un tamaño inferior a 50Kb, concretamente nuestra imagen tiene un tamaño de 26Kb.

Su dirección es: <http://virtual.lab.inf.uva.es:31172/gatosPequenos.html>

### B.2 PÁGINA ESTÁTICA GRANDE

Consta de una página estática en HTML formada por un título y una imagen de un tamaño superior a 250Kb, concretamente nuestra imagen tiene un tamaño de 781,1Kb.

Su dirección es: <http://virtual.lab.inf.uva.es:31172/perrosGrandes.html>

### B.3 PÁGINA DINÁMICA

Consta de una línea en PHP para imprimir el contenido de un archivo HTML, el cual contiene un título y 5770 caracteres.

Su dirección es: <http://virtual.lab.inf.uva.es:31172/phptest.php>

### B.4 NÚMERO DE PRUEBAS

Para cada una de las tres páginas hemos ejecutado un total de 5 pruebas iguales para cada uno de las IC detalladas en la tabla 1.

## ANEXO III: Tablas de resultados

---

En las siguientes tablas se detallarán los siguientes campos de cada una de las IC:

- Resultado prueba  $i$  ( $i \in [1,5]$ ).
- Media (Media de los resultados de cada prueba)
- Mínimo (Mínimo del intervalo de confianza al 95 % de la media).
- Máximo (Máximo del intervalo de confianza al 95 % de la media).

### C.1 TIEMPO MEDIO DE RESPUESTA

IC	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Media	Mínimo	Máximo
IC1	162,028	5,413	6,163	4,429	4,986	36,6038	-24,8554	98,0630
IC2	165,125	10,347	10,933	9,543	9,029	40,9954	-19,8304	101,8212
IC3	9,534	10,865	11,287	8,38	10,617	10,1366	9,1057	11,1675
IC4	273,423	278,018	277,094	271,82	282,552	276,5814	272,8984	280,2644
IC5	10,008	12,172	14,086	12,496	8,977	11,5478	9,7562	13,3394
IC6	147,914	151,532	151,409	147,239	148,719	149,3626	147,6141	151,1111
IC7	9,705	9,654	9,855	15,818	10,456	11,0976	8,7677	13,4275
IC8	50,279	49,991	52,122	67,871	50,738	54,2002	47,4634	60,9370
IC9	149,357	152,928	155,704	182,295	149,079	157,8726	145,6684	170,0768
IC10	9,642	10,502	10,627	9,795	16,057	11,3246	8,9755	13,6737
IC11	37,342	43,873	42,69	37,865	54,735	43,301	37,1576	49,4444
IC12	99,867	123,935	104,963	101,224	100,89	106,1758	97,3112	115,0404

**Tabla 1:** Página estática pequeña

IC	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Media	Mínimo	Máximo
IC1	4,852	4,968	8,405	5,16	7,889	6,2548	4,7293	7,7803
IC2	10,203	11,125	17,704	14,076	15,266	13,6748	10,9916	16,3580
IC3	8,727	8,922	13,651	13,825	9,022	10,8294	8,4996	13,1592
IC4	284,835	280,267	276,935	272,955	271,412	277,2808	272,4947	282,0669
IC5	9,524	11,734	10,864	9,872	8,908	10,1804	9,1979	11,1629
IC6	149,15	151,83	158,735	155,122	148,453	152,658	148,8962	156,4198
IC7	9,541	11,476	11,804	10,567	9,831	10,6438	9,7759	11,5117
IC8	48,408	54,699	49,746	48,901	50,799	50,5106	48,3096	52,7116
IC9	150,436	149,371	159,939	151,757	160,398	154,3802	149,6876	159,0728
IC10	9,695	10,417	10,81	18,069	12,274	12,253	9,2863	15,2197
IC11	35,928	38,867	40,169	45,686	42,744	40,6788	37,4153	43,9423
IC12	103,593	107,096	117,178	101,84	111,815	108,3044	102,8216	113,7872

**Tabla 2:** Página estática grande

IC	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Media	Mínimo	Máximo
IC1	840,684	26,975	31,277	26,335	27,538	190,5618	-127,9967	509,1203
IC2	50,468	51,993	51,1	49,503	54,506	51,514	49,8457	53,1823
IC3	53,282	49,67	52,807	53,933	52,001	52,3386	50,8925	53,7847
IC4	134,029	128,751	135,443	133,387	148,113	135,9446	129,5894	142,2998
IC5	52,485	53,318	55,726	54,001	52,034	53,5128	52,2413	54,7843
IC6	133,346	135,551	136,44	138,285	134,221	135,5686	133,8772	137,2600
IC7	54,893	53,635	53,456	55,856	53,585	54,285	53,3618	55,2082
IC8	137,103	138,251	135,663	141,253	135,961	137,6462	135,6647	139,6277
IC9	274,946	264,966	269,763	283,131	267,546	272,0704	265,7669	278,3739
IC10	54,742	54,303	53,784	54,28	54,277	54,2772	53,9800	54,5744
IC11	135,807	137,196	135,851	140,879	135,04	136,9546	134,9149	138,9943
IC12	268,749	274,88	268,843	277,129	265,939	271,108	266,9992	275,2168

**Tabla 3:** Página dinámica

## C.2 PETICIONES MEDIAS POR SEGUNDO

IC	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Media	Mínimo	Máximo
IC1	308,59	9237,11	8112,27	11289,23	10027,88	7795,016	3988,8973	11601,1347
IC2	605,6	9664,64	9146,54	10478,45	11075,79	8194,204	4419,6229	11968,7851
IC3	10488,6	9204,05	8859,99	11932,97	9418,91	9980,904	8885,7677	11076,0403
IC4	914,34	899,22	902,22	919,73	884,79	904,06	892,0628	916,0572
IC5	9991,74	8215,33	7099,02	8002,37	11139,27	8889,546	7454,3677	10324,7243
IC6	1690,18	1649,81	1651,15	1697,92	1681,02	1674,016	1654,4629	1693,5691
IC7	10304,09	10358,18	10146,77	6321,73	9563,75	9338,904	7834,8918	10842,9162
IC8	4972,21	5000,86	4796,44	3683,47	4927,31	4676,058	4184,8821	5167,2339
IC9	3347,68	3269,51	3211,22	2742,81	3353,92	3185,028	2962,2636	3407,7924
IC10	10371,26	9521,84	9410,16	10209,25	6227,79	9148,06	7671,0007	10625,1193
IC11	6694,91	5698,31	5856,16	6602,39	4567,48	5883,85	5132,1150	6635,5850
IC12	5006,65	4034,38	4763,56	4939,56	4955,92	4740,014	4385,0487	5094,9793

**Tabla 4:** Página estática pequeña

IC	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Media	Mínimo	Máximo
IC1	10305,14	10064,01	5948,66	9690,3	6337,62	8469,146	6594,2309	10344,0611
IC2	9800,85	8988,93	5648,47	7104,34	6550,33	7618,584	6105,0212	9132,1468
IC3	11458,88	11207,72	7325,66	7233,08	11084,51	9661,97	7751,6485	11572,2915
IC4	877,7	892,01	902,74	915,9	921,11	901,892	886,4022	917,3818
IC5	10499,87	8522,01	9204,58	10129,95	11226,03	9916,488	8981,4206	10851,5554
IC6	1676,17	1646,58	1574,95	1611,63	1684,04	1638,674	1598,7017	1678,6463
IC7	10481,27	8713,5	8471,83	9463,48	10172,07	9460,43	8690,8116	10230,0484
IC8	5164,45	4570,5	5025,54	5112,36	4921,38	4958,846	4752,1167	5165,5753
IC9	3323,66	3347,37	3126,19	3294,75	3117,25	3241,844	3144,3093	3339,3787
IC10	10314,37	9599,7	9250,98	5534,32	8147,23	8569,32	6931,7863	10206,8537
IC11	6958,31	6432,22	6223,65	5472,16	5848,82	6187,032	5690,8558	6683,2082
IC12	4826,6	4668,71	4267,02	4909,67	4471,69	4628,738	4398,8392	4858,6368

**Tabla 5:** Página estática grande



IC	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Media	Mínimo	Máximo
IC1	59,48	1853,54	1598,64	1898,63	1815,64	1445,186	758,7326	2131,6394
IC2	1981,47	1923,34	1956,94	2020,1	1834,65	1943,3	1881,7177	2004,8823
IC3	1876,8	2013,28	1893,69	1854,16	1923,04	1912,194	1857,9857	1966,4023
IC4	1865,27	1941,74	1845,79	1874,24	1687,91	1842,99	1760,6690	1925,3110
IC5	1905,29	1875,56	1794,48	1851,81	1921,83	1869,794	1825,9754	1913,6126
IC6	1874,83	1844,32	1832,31	1807,86	1862,6	1844,384	1821,4492	1867,3188
IC7	1821,71	1864,45	1870,69	1790,33	1866,19	1842,674	1811,7107	1873,6373
IC8	1823,45	1808,31	1842,8	1769,88	1838,76	1816,64	1790,8015	1842,4785
IC9	1818,54	1887,04	1853,48	1765,97	1868,84	1838,774	1796,8297	1880,7183
IC10	1826,76	1841,52	1859,29	1842,29	1842,39	1842,45	1832,3542	1852,5458
IC11	1840,85	1822,2	1840,25	1774,57	1851,31	1825,836	1799,0930	1852,5790
IC12	1860,47	1818,98	1859,82	1804,21	1880,13	1844,722	1816,8879	1872,5561

**Tabla 6:** Página dinámica