

## Capítulo 4

# TRATAMIENTOS Y RÉPLICAS EN UN EXPERIMENTO DE PROGRAMACIÓN

---

*Luis Eduardo Espinosa Galliady  
Christian Felipe Cano Castillo  
Carlos Andrés Tavera Romero*

## I. Introducción

**E**sta sección presenta algunas teorías acerca de la gestión de tratamientos, algunas bases acerca del desarrollo de replicas y la formulación de sujetos de estudio, temas que serán usados a lo largo del experimento.

## II. Marco teórico

En previas ocasiones correspondientes a las fases de este experimento se habló de la *hipótesis* usada y la forma de verificación de la misma; los tipos de *variables* usados y las razones de uso; los *sujetos de estudio* y su utilización en el marco referente a este estudio. Esta vez se presentarán algunas teorías sobre los *tratamientos* y sus implementaciones. También se especificará la cantidad de *observaciones* o *replicas* realizadas. <sup>[2][3]</sup> Ver Tabla 15.

**Tabla 15.** *Etapas del estudio comparativo.*

<b>Estudio comparativo entre lenguajes textuales y Lenguajes Visuales. Caso: PiCO y GraPiCO</b>	
<b>Etapa 1</b>	Elaboración de hipótesis en experimentos de lenguajes de programación.
<b>Etapa 2</b>	Variables en un experimento de lenguajes de programación.
<b>Etapa 3</b>	Unidades experimentales utilizadas en pruebas de lenguajes de programación.
<b>Etapa 4</b>	Tratamientos y replicas en un experimento de programación.
<b>Etapa 5</b>	Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) aplicado a los lenguajes de programación.
<b>Etapa 6</b>	La comunicación en el estudio comparativo entre lenguajes textuales y lenguajes visuales: Caso PiCO y GraPiCO.
<b>Etapa 7</b>	Sistematización de una experiencia de investigación entre la Comunicación Social y la Ingeniería de Software.
<b>Etapa 8</b>	Modelo de sistematización propuesto “TCACI en doble vía”.
<b>Etapa 9</b>	Pasos en la realización de los audiovisuales pedagógicos: PiCO – GraPiCO y ejercicio de modelación.
<b>Etapa 10</b>	Estudio de resultados de PiCO y GraPiCO. Parte 1.
<b>Etapa 11</b>	Estudio de resultados de PiCO y GraPiCO. Parte 2.
<b>Etapa 12</b>	Recomendaciones y resultados del estudio entre PiCO, GraPiCO y editores.

Fuente: elaboración propia (2018).

Durante la ejecución de un *experimento* o *estudio*, se deben realizar múltiples observaciones de las *unidades experimentales*. Por facilidad y viabilidad del estudio dichas observaciones son clasificadas o agrupadas por medio de los tratamientos, los cuales estable-

cen las condiciones bajo las cuales serán analizadas las *unidades experimentales*.<sup>[2]</sup>

Los *tratamientos* son creados por el diseñador del *experimento* siguiendo los lineamientos impuestos en las *hipótesis* formuladas, permitiendo asimilar de una mejor forma los diferentes procesos involucrados en el experimento.<sup>[2][3]</sup>

En la práctica, los **tratamientos** se presentan como determinados grupos de medidas, agrupando sus diferentes valores dentro de múltiples niveles de factores.<sup>[2]</sup>

Los *tratamientos* pueden ser *cualitativos* y *cuantitativos*; los primeros cuentan con niveles que corresponden a valores de una escala de medición definida y los segundos denotan tipos de magnitudes.<sup>[3]</sup>

Dependiendo del diseño del *experimento*, los *tratamientos* se usan solos o acompañados. Si el *experimento* es un *experimento simple* (conocido también como *experimento de un factor*), para cada uno de los grupos independientes de muestras se realiza un número determinado de *observaciones* comúnmente conocidas como *tratamientos*; una forma de representar los resultados obtenidos mediante este tipo de experimento es a través de una tabla que consta de “j” filas de tratamientos, “k” columnas de medidas y una última columna que denota la media de cada tratamiento mediante la Ecuación 1, para denotar la media de todos los tratamientos, se usa la Ecuación 2.<sup>[2][3][4]</sup> Ver Tabla 16, Ecuación 1 y Ecuación 2.

**Tabla 16.** *Formas de representar los tratamientos de experimentos de un factor.*

	$Medida_{k=1}$	$Medida_{k=2}$
$Tratamiento_{j=1}$	$Medida_{j=1,k=1}$	$Medida_{j=1,k=2}$
$Tratamiento_{j=2}$	$Medida_{j=2,k=1}$	$Medida_{j=2,k=2}$

Fuente: elaboración propia (2018).

$$\bar{x}_j = \frac{1}{b} \sum_{K=1}^b x_{jk}$$

Ecuación 1. **Media de cada tratamiento**

$$\bar{x} = \frac{1}{ab} \sum_{j,k} x_{jk} = \frac{1}{ab} \sum_{j=1}^a \sum_{K=1}^b x_{jk}$$

Ecuación 2. **Media de todos los tratamientos**

Si por el contrario el experimento es de *dos factores*, los *tratamientos* son acompañados por *bloques*. La representación de los resultados generados en esta combinación de *tratamientos* y *bloques* se realiza en una tabla la cual consta de “j” filas de tratamientos, “k” columnas de bloques y una columna que denota la media de cada tratamiento mediante la Ecuación 3. Para calcular la media de cada bloque se utiliza la Ecuación 4 y en la media total, se usa la Ecuación 5.<sup>[3]</sup>Ver Tabla 17, Ecuación 3, Ecuación 4.

**Tabla17.** *Formas de representar los tratamientos de experimentos de dos factores.*

	<i>Bloque<sub>k=1</sub></i>	<i>Bloque<sub>k=2</sub></i>
<i>Tratamiento<sub>j=1</sub></i>	<i>Bloque<sub>j=1,k=1</sub></i>	<i>Bloque<sub>j=1,k=2</sub></i>
<i>Tratamiento<sub>j=2</sub></i>	<i>Bloque<sub>j=2,k=1</sub></i>	<i>Bloque<sub>j=2,k=2</sub></i>

Fuente: elaboración propia (2018).

$$\bar{x}_j = \frac{1}{b} \sum_{K=1}^b x_{jk}$$

Ecuación 3. **Media de cada tratamiento**

$$\bar{x}_k = \frac{1}{a} \sum_{j=1}^a x_{jk}$$

Ecuación 4. **Media de cada bloque**

$$\bar{x} = \frac{1}{ab} \sum_{j,k} x_{jk}$$

Ecuación 5. **Media total**

En el *experimento* la *hipótesis* que se establece define una serie de circunstancias con sus posibles consecuencias; los *tratamientos* se generan cuando se crean dichas circunstancias que se desea estudiar.

Es importante reconocer cuales son los *tratamientos* que se evaluarán en la *hipótesis*. Si desde el principio no se establece de forma precisa, detallada y clara el objetivo de estudio y la *hipótesis*, es muy factible que ni los *tratamientos*, ni el estudio sean exitosos.<sup>[3]</sup>

### III. Modelamiento

Teniendo como punto de partida que las unidades experimentales establecidas fueron: *nivel de asimilación (na)*, *nivel de comprensión (nc)* y *nivel de aceptación (nat)*. Se plantearon los siguientes cruces de variables para los tratamientos. Ver Tabla 18.

**Tabla 18.** *Tratamientos realizados para GraPiCO y PiCO usando el sexo y la edad.*

		Tratamientos o cruces	
		Sexo	Edad
		se	E
<b>Unidades experimentales</b>	Nivel de conocimiento en lenguajes de programación	<b>nclp</b>	
	Tipo de lenguaje de programación preferido	<b>tlp</b>	
	Nivel de conocimiento en lenguajes de programación (visual o textual)	<b>nclt</b>	
	Frecuencia de uso de lenguajes de programación (visual o textual)	<b>fult</b>	
	Interés en lenguajes de programación (visual o textual)	<b>ilt</b>	
	Comprensión de "Program"	<b>cp</b>	
	Comprensión de "Context"	<b>cc</b>	
	Comprensión de "Objects"	<b>co</b>	
	Comprensión de "Methods"	<b>cm</b>	
	Comprensión de "Ask"	<b>ca</b>	
	Comprensión de "Tell"	<b>ct</b>	

Comprensión de "MsgSend"	<b>cms</b>	
Comprensión de "Value"	<b>cv</b>	
Comprensión de "Variable"	<b>cva</b>	
Comprensión de "Argument"	<b>car</b>	
Comprensión de "Sender"	<b>cse</b>	
Comprensión de "Forward"	<b>cfo</b>	
Comprensión de "Operators"	<b>cop</b>	
Comprensión de "Relations"	<b>crel</b>	
Comprensión de "Constraints"	<b>ccon</b>	
Claridad GraPiCo	<b>ccla</b>	
Simbología GraPiCo	<b>csim</b>	
Navegación GraPiCo	<b>cnav</b>	
Estabilidad GraPiCo	<b>iest</b>	
Diseño GraPiCo	<b>idis</b>	
Modificabilidad GraPiCo	<b>imod</b>	
Usabilidad GraPiCo	<b>iusa</b>	

Fuente: elaboración propia (2018).

En la Tabla 18 y la Tabla 19, la variable *Sexo* tiene como niveles masculino y femenino. Y para la variable *Edad*, se cuenta con los siguientes niveles:

- Menos de 18 años.
- De 18 a 20 años.
- De 20 a 22 años.
- Más de 22 años.

La variable *Universidad* cuenta con los niveles:

- Universidad de San Buenaventura - Cali.
- Universidad Pontificia Javeriana.
- Universidad Autónoma de Occidente.
- Universidad ICESI.

En la variable *Semestre* los niveles usados fueron Segundo, Tercero, Cuarto y Quinto.

En **Sexo**, **Edad**, **Semestre** y **Universidad** se realizaron cruces en los dos lenguajes de programación PiCO y GraPiCO (Agrupado de acuerdo a niveles).

Los que cuentan con *Nulo*, *Principiante*, *Intermedio*, *Avanzado* y *Experto*, en su posible selección:

Nivel de conocimiento en lenguajes de programación (nclp).

Nivel de conocimiento en lenguajes de programación (visual o textual) (nclt).

La opción *Visual* y *Textual* está en:

- Tipo de lenguaje de programación preferido (tlp)

En niveles *Nada*, *Poco*, *Intermedio*, *Suficiente* y *Mucho* está:

- Frecuencia de uso de lenguajes de programación (visual o textual) (fult).



- Interés en lenguajes de programación (visual o textual) (ilt).

Respondiendo a la necesidad de captar múltiples aspectos de los dos editores se tiene:

Para GraPiCO:

- Claridad GraPiCO (ccla).
- Simbología GraPiCO (csim).
- Navegación GraPiCO (cnav).
- Estabilidad GraPiCO (iest).
- Diseño GraPiCO (idis).
- Modificabilidad GraPiCO (imod).
- Usabilidad GraPiCO (iusa).

Para PiCO:

- Claridad PiCO(ccla).
- Simbología PiCO(csim).
- Navegación PiCO(cnav).
- Estabilidad PiCO(iest).
- Diseño PiCO(idis).
- Modificabilidad PiCO(imod).
- Usabilidad PiCO(iusa).

Otrasvariables que cuentan con *Nulo, Principiante, Intermedio, Avanzado y Experto* son:

Nivel de comprensión del usuario respecto a cada uno de los constructores:

- Comprensión de “Program” (cp)
- Comprensión de “Context” (cc)
- Comprensión de “Objects” (co)

- Comprensión de “Methods” (cm)
- Comprensión de “Ask” (ca)
- Comprensión de “Tell” (ct)
- Comprensión de “MsgSend” (cms)
- Comprensión de “Value” (cv)
- Comprensión de “Variable” (cva)
- Comprensión de “Argument” (car)
- Comprensión de “Sender” (cse)
- Comprensión de “Forward” (cfo)
- Comprensión de “Operators” (cop)
- Comprensión de “Relations” (crel)
- Comprensión de “Constraints” (ccon)

**Tabla 19.** *Tratamientos realizados para GraPiCO y PiCO usando el semestre y la universidad*

		Tratamientos o cruces	
		Semestre	Universidad
		S	u
Nivel de conocimiento en lenguajes de programación	<b>nclp</b>		
Tipo de lenguaje de programación preferido	<b>tlp</b>		
Nivel de conocimiento en lenguajes de programación (visual o textual)	<b>nclt</b>		

Frecuencia de uso de lenguajes de programación (visual o textual)	<b>fult</b>	
Interés en lenguajes de programación (visual o textual)	<b>ilt</b>	
Comprensión de "Program"	<b>cp</b>	
Comprensión de "Context"	<b>cc</b>	
Comprensión de "Objects"	<b>co</b>	
Comprensión de "Methods"	<b>cm</b>	
Comprensión de "Ask"	<b>ca</b>	
Comprensión de "Tell"	<b>ct</b>	
Comprensión de "MsgSend"	<b>cms</b>	
Comprensión de "Value"	<b>cv</b>	
Comprensión de "Variable"	<b>cva</b>	
Comprensión de "Argument"	<b>car</b>	
Comprensión de "Sender"	<b>cse</b>	
Comprensión de "Forward"	<b>cfo</b>	
Comprensión de "Operators"	<b>cop</b>	
Comprensión de "Relations"	<b>crel</b>	
Comprensión de "Constraints"	<b>ccon</b>	

Claridad GraPiCo	<b>ccla</b>		
Simbología GraPiCo	<b>csim</b>		
Navegación GraPiCo	<b>cnav</b>		
Estabilidad GraPiCo	<b>iest</b>		
Diseño GraPiCo	<b>idis</b>		
Modificabilidad Gra-PiCo	<b>imod</b>		
Usabilidad GraPiCo	<b>iusa</b>		

Fuente: elaboración propia (2018).

En otros tratamientos se seleccionaron los siguientes niveles:

- i. *Hora Noche (nh)*
- ii. *Sistema operativo Windows (sow)*
- iii. *Hardware Máquina óptima (hmo)*

En este estudio comparativo se realizaron cruces (Tabla 17) entre algunas variables usadas en PiCO y GraPiCO relacionadas con los constructores, características y editores de los lenguajes:

- *Comprensión de "Program" (cp)*
- *Comprensión de "Context" (cc)*
- *Comprensión de "Objects" (co)*
- *Comprensión de "Methods" (cm)*
- *Comprensión de "Ask" (ca)*
- *Comprensión de "Tell" (ct)*
- *Comprensión de "MsgSend" (cms)*
- *Comprensión de "Value" (cv)*
- *Comprensión de "Variable" (cva)*
- *Comprensión de "Argument" (car)*
- *Comprensión de "Sender" (cse)*
- *Comprensión de "Forward" (cfo)*

- *Comprensión de “Operators” (cop)*
- *Comprensión de “Relations” (crel)*
- *Comprensión de “Constraints” (ccon)*
- *Claridad GraPiCO (ccla)*
- *Simbología GraPiCO (csim)*
- *Navegación GraPiCO (cnav)*
- *Estabilidad GraPiCO (iest)*
- *Diseño GraPiCO (idis)*
- *Modificabilidad GraPiCO (imod)*
- *Usabilidad GraPiCO (iusa)*
- *Claridad PiCO (ccla)*
- *SimbologíaPiCO (csim)*
- *Navegación PiCO (cnav)*
- *Estabilidad PiCO (iest)*
- *Diseño PiCO (idis)*
- *Modificabilidad PiCO (imod)*
- *Usabilidad PiCO (iusa)*

**Tabla 20.** *Tratamientos realizados para GraPiCO y PiCO de manera comparativa.*

		GraPiCO										
		cp	cc	co	cm	ca	ct	cms	cv	cva	car	cse
PiCO	cp	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	cc	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	co	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	cm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	ca	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	ct	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	cms	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	cv	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	cva	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	car	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	cse	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	cfo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	cop	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	crel	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	ccon	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	ccla	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	csim	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	cnav	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	iest	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	idis	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
imod	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
iusa	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		cfo	cop	crel	ccon	ccla	csim	cnav	iest	idis	imod	iusa
		GraPiCO										

Fuente: elaboración propia (2018).

## IV. Implementación

Con el fin de obtener información significativa para la toma de decisiones durante la ejecución de un *experimento* es necesario efectuar *réplicas* del mismo. Es decir reproducir el *experimento* básico en múltiples ocasiones.

Implica el empleo de todos los *tratamientos* independiente a las diferentes *unidades experimentales*, demostrando que bajo las condiciones planteadas, los resultados pueden ser reproducidos, de tal forma que el error experimental se ve reducido considerablemente y el impacto de un factor en el experimento es conocido.<sup>[2]</sup>

La cantidad de *réplicas* depende del nivel de significancia y está condicionada por los costos y viabilidad implicados en el experimento. Depende directamente del tamaño de la muestra a tomar y es calculada frecuentemente teniendo en cuenta experiencias anteriores.

Por lo anterior es necesario desde el inicio tener claros los objetivos de estudio durante la ejecución de la investigación y definir cuáles son asignados a los diferentes tratamientos y tienen la misma probabilidad de tomar algún tratamiento.

En la investigación se realizaron 104 observaciones o repeticiones en todos los *tratamientos*. Se efectuaron dos sesiones (PiCO y GraPiCO), 52 encuestas para cada sesión (13 por cada universidad estudiada) a estudiantes de ingeniería de sistemas que cursan entre segundo y quinto semestre académico y tienen edades entre 16 y 23 años, de las Universidades (USB-CALI, UAO, PUJ, ICESI) de la ciudad de Cali. Se buscaba conservar el experimento dentro de la región de aceptación y controlar factores que pudieran poner en riesgo el estudio, siempre teniendo en cuenta que se va analizar u observar el nivel de asimilación, nivel de comprensión y nivel de aceptación de quienes usan los lenguajes de programación PiCO y GraPiCO.<sup>[2][3]</sup>

## V. Conclusión

En este documento se han presentado los *tratamientos*, la formulación de *réplicas* y los *sujetos de estudio* que darán el soporte al *estudio comparativo* entre lenguajes textuales y lenguajes visuales: Caso PiCO y GraPiCO.

Existen diversas formas de definir o referirse a los términos *tratamiento*, *réplica* y *objeto de estudio*, pero todas tienen una cosa en común, dichas expresiones son utilizadas y enfocadas hacia la *experimentación*.

En este *estudio por observación* se realizarán múltiples *repeticiones* del *experimento* básico, aplicando a los diversos *tratamientos* los diferentes *sujetos de estudio* como son la asimilación y la comprensión de los usuarios de PiCO y GraPiCO. Además se realizarán múltiples observaciones de las medidas (presentación, estabilidad, desempeño, usabilidad, confiabilidad, diseño, flexibilidad, funcionalidad y satisfacción).

Más adelante, se expondrá la temática correspondiente a los últimos momentos del estudio:

Como la metodología pedagógica utilizada, se explicará el *Aprendizaje Basado en Proyectos*, el cual fue empleado en la realización del taller de modelamiento de los lenguajes de programación del presente estudio.

Y, para finalizar, se presentará el análisis de los resultados obtenidos a partir de las encuestas como medio de retroalimentación.



## VI. Bibliografía

- [1] A. L. Webster, Estadística aplicada a los negocios y la economía, Bogotá: Mc Graw Hill, 2001.
- [2] D. C. Montgomery, Diseño y análisis de experimentos, Mexico D.F.: Limusa, 2004.
- [3] R. O. Kuehl, Diseño de experimentos. Principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones., Thomson Learning, 2000.
- [4] M. R. Spiegel, Probabilidad y Estadística, Mexico D.F.: McGraw-Hill, 1977.
- [5] C. Tavera y J. Díaz, Nuevo cálculo visual: GraPiCO, En II Congreso Colombiano de Computación, Universidad Javeriana. Bogotá, 2007.
- [6] C. Tavera y J. Díaz, Breve Discusión de las Ventajas de los Lenguajes Visuales frente a los Textuales: Caso de Estudio el Cálculo GraPiCO, En III Congreso Colombiano de Computación. Medellín, 2008.