

## 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 tomarse 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.