



# **TECNOLÓGICO DE MONTERREY®**

## **Manual de Usuario de Generador de Números Aleatorios**

Andrés Barragán Salas A01026567

Christopher Luis Miranda Vanegas A01022676

Esteban Manrique de Lara Sirvent A01027077

Fernando Garrote De la Macorra A01027503

Rodrigo Quiroz Reyes A01026546

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Métodos Cuantitativos y Simulación

Profesor Leopoldo Cendejas Morales

Viernes 11 de octubre del 2021

## Índice

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Diagrama de Flujo de la Aplicación</b>   | <b>3</b>  |
| <b>Casos de Uso Nivel 0 y explicación de Métodos con generación de resultados</b> | <b>4</b>  |
| <b>Pruebas de Uso y Pasos para ejecutar la Aplicación</b>                         | <b>8</b>  |
| Método de Centros Cuadrados   | 8         |
| Método Congruencial   | 9         |
| Método Congruencial Mixto   | 11        |
| Método Multiplicativo   | 12        |
| Método Congruencial Lineal Combinado  | 14        |
| Prueba Chi-Cuadrada   | 15        |
| Prueba Kolmogorov-Smirnov   | 16        |
| <b>Referencias</b>  | <b>17</b> |

## Diagrama de Flujo de la Aplicación

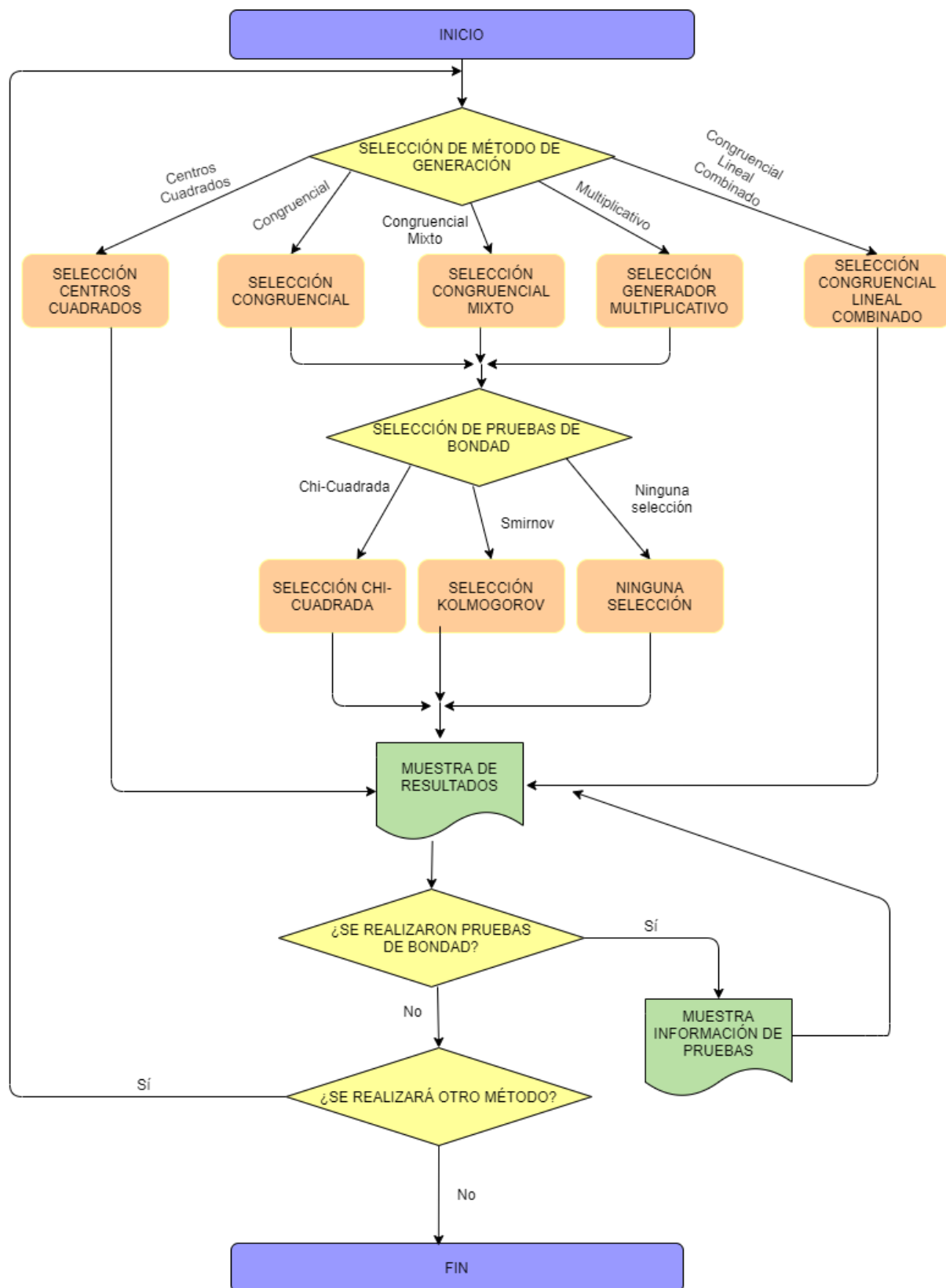


Figura 1. Diagrama de Flujo de la Aplicación Propuesta

## Casos de Uso Nivel 0 y explicación de Métodos con generación de resultados

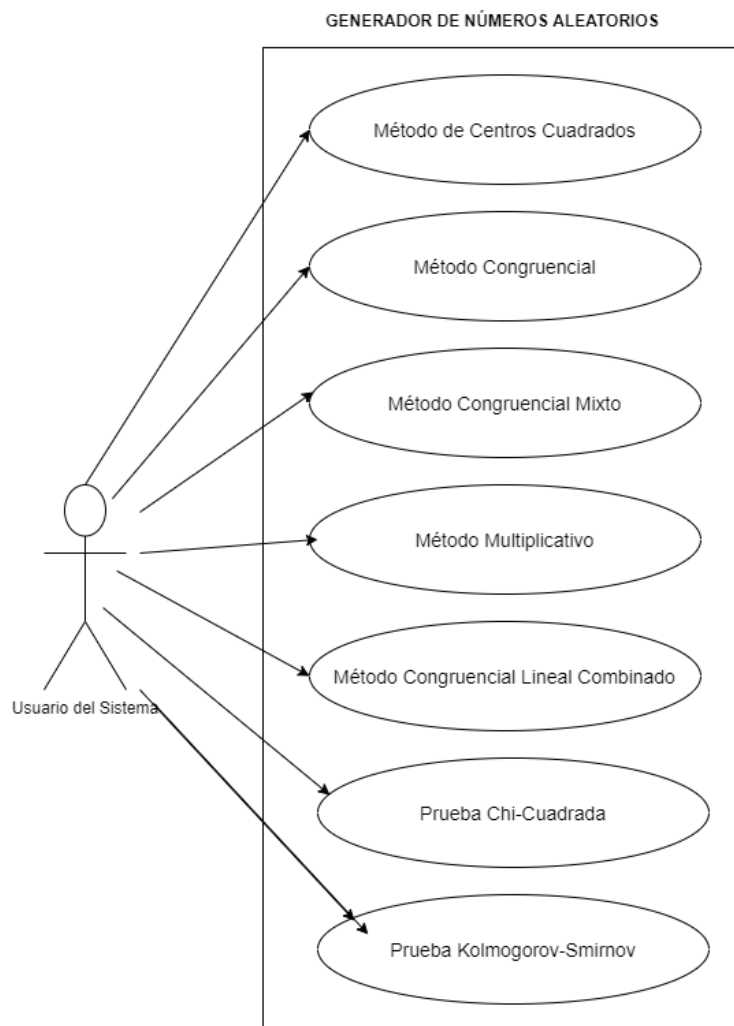


Figura 2. Casos de Uso de Nivel 0 para la Aplicación Propuesta

| Método de los Centros Cuadrados |  |
|---------------------------------|--|
| Descripción                     | Ejecuta el método de los Centros Cuadrados.  |
| Acción origen                   | El usuario selecciona la opción para este método en la pantalla de inicio e introduce tanto una semilla como el número de elementos a generar.   |
| Parámetros de Entrada           | semillaInicio: <b>string</b><br>numerosAGenerar: <b>int</b><br>El usuario introduce estos datos  |
| Procesos                        | Realiza la generación de números aleatorios, generadores y Ri's. Adicionalmente, genera un .csv con esta información, permitiendo que el usuario consulte posteriormente los resultados. |
| Acciones de Salida              | El usuario es redirigido hacia una pantalla donde se   |

muestran los resultados (generadores, semillas, números aleatorios y Ri's) en forma de tabla

Tabla 1. Información acerca de la implementación del Método de Centros Cuadrados

| Método Congruencial          |  |
|------------------------------|--|
| <b>Descripción</b>           | Ejecuta el Método Congruencial.  |
| <b>Acción origen</b>         | El usuario selecciona la opción para este método en la pantalla de inicio e introduce una semilla inicial, un multiplicador, un incremento, un módulo y el número de elementos a generar. Asimismo, se escoge si se realizan las pruebas de bondad de Chi Cuadrada y/o Kolmogorov. |
| <b>Parámetros de Entrada</b> | <code>semilla: int</code><br><code>multiplicador: int</code><br><code>incremento: int</code><br><code>módulo: int</code><br><code>numerosAGenerar: int</code><br><code>chiCuadrada: int</code><br><code>kolmogorovSmirnov: int</code><br>El usuario introduce estos datos          |
| <b>Procesos</b>              | Realiza la generación de números aleatorios, generadores y Ri's. Adicionalmente, genera un .csv con esta información, permitiendo que el usuario consulte posteriormente los resultados. Se realizan las pruebas de Chi Cuadrada y Kolmogorov en caso de aplicar.                  |
| <b>Acciones de Salida</b>    | El usuario es redirigido hacia una pantalla donde se muestran los resultados (generadores, semillas, números aleatorios y Ri's) en forma de tabla. Asimismo, se despliega las comparaciones de estadísticos teóricos y calculados de Chi Cuadrada y/o Kolmogorov.                  |

Tabla 2. Información acerca de la implementación del Método Congruencial

| Método Congruencial Mixto    |  |
|------------------------------|--|
| <b>Descripción</b>           | Ejecuta el Método Congruencial.  |
| <b>Acción origen</b>         | El usuario selecciona la opción para este método en la pantalla de inicio e introduce una semilla inicial, un multiplicador, un incremento, un módulo y el número de elementos a generar. Asimismo, se escoge si se realizan las pruebas de bondad de Chi Cuadrada y/o Kolmogorov. |
| <b>Parámetros de Entrada</b> | <code>semilla: int</code><br><code>multiplicador: int</code>   |

|                           |  |
|---------------------------|--|
|                           | <pre> incremento: int módulo: int numerosAGenerar: int chiCuadrada: int kolmogorovSmirnov: int El usuario introduce estos datos </pre>   |
| <b>Procesos</b>           | Realiza la generación de números aleatorios, generadores y Ri's. Adicionalmente, genera un .csv con esta información, permitiendo que el usuario consulte posteriormente los resultados. Para esta prueba en particular, se ejecuta la comprobación de Hull Dobell. Se realizan las pruebas de Chi Cuadrada y Kolmogorov en caso de aplicar. |
| <b>Acciones de Salida</b> | El usuario es redirigido hacia una pantalla donde se muestran los resultados (generadores, semillas, números aleatorios y Ri's) en forma de tabla. Asimismo, se despliega las comparaciones de estadísticos teóricos y calculados de Chi Cuadrada y/o Kolmogorov.  |

Tabla 3. Información acerca de la implementación del Método Congruencial Mixto

| Método Multiplicativo        |  |
|------------------------------|--|
| <b>Descripción</b>           | Ejecuta el Método Multiplicativo.  |
| <b>Acción origen</b>         | El usuario selecciona la opción para este método en la pantalla de inicio e introduce una semilla inicial, un multiplicador, un incremento, un módulo y el número de elementos a generar. Asimismo, se escoge si se realizan las pruebas de bondad de Chi Cuadrada y/o Kolmogorov. |
| <b>Parámetros de Entrada</b> | <pre> semilla: int multiplicador: int módulo: int numerosAGenerar: int chiCuadrada: int kolmogorovSmirnov: int El usuario introduce estos datos </pre>   |
| <b>Procesos</b>              | Realiza la generación de números aleatorios, generadores y Ri's. Adicionalmente, genera un .csv con esta información, permitiendo que el usuario consulte posteriormente los resultados. Se realizan las pruebas de Chi Cuadrada y Kolmogorov en caso de aplicar.                  |
| <b>Acciones de Salida</b>    | El usuario es redirigido hacia una pantalla donde se muestran los resultados (generadores, semillas, números aleatorios y Ri's) en forma de tabla. Asimismo, se  |

despliega las comparaciones de estadísticos teóricos y calculados de Chi Cuadrada y/o Kolmogorov.

Tabla 4. Información acerca de la implementación del Método Multiplicativo

| Método Lineal Combinado      |  |
|------------------------------|--|
| <b>Descripción</b>           | Ejecuta el método de Lineal Combinado (L'Ecuyer).  |
| <b>Acción origen</b>         | El usuario selecciona la opción para este método en la pantalla de inicio e introduce tanto una semilla como el número de elementos a generar.   |
| <b>Parámetros de Entrada</b> | <code>semillasOriginales: string</code><br><code>mutlplicadores: string</code><br><code>módulos: string</code><br><code>numerosAGenerar: int</code><br>El usuario introduce estos datos  |
| <b>Procesos</b>              | La primera acción realizada por este método es la separación de valores para obtener la semilla, multiplicador y módulo para cada generador a ser implementado. Luego, se realiza la generación de números aleatorios, generadores y Ri's. Adicionalmente, genera un .csv con esta información, permitiendo que el usuario consulte posteriormente los resultados. |
| <b>Acciones de Salida</b>    | El usuario es redirigido hacia una pantalla donde se muestran los resultados (semillas, números aleatorios y Ri's) en forma de tabla.  |

Tabla 5. Información acerca de la implementación del Método Lineal Combinado

| Prueba Chi-Cuadrada          |  |
|------------------------------|--|
| <b>Descripción</b>           | Ejecuta la prueba de Bondad de Chi-Cuadrada.   |
| <b>Acción origen</b>         | El usuario da click a la <i>checkbox</i> correspondiente a la prueba de Chi-Cuadrada, al igual que escoge el porcentaje con el cual se trabajará.  |
| <b>Parámetros de Entrada</b> | <code>numeros: array[double]</code><br><code>porcentajeError: int</code><br>El usuario introduce estos datos   |
| <b>Procesos</b>              | Realiza el ordenamiento de los números, la generación y reasignación de clases, calcula probabilidades y estadísticos de prueba, al igual que compara el estadístico final con aquel considerado como teórico, |

calculado por el mismo método.

|                           |  |
|---------------------------|--|
| <b>Acciones de Salida</b> | El usuario es redirigido hacia una pantalla donde se visualiza la información obtenida (clases, probabilidades, estadístico, etc.), al igual que una gráfica con la distribución de los números aleatorios dentro de las clases. |
|---------------------------|--|

Tabla 6. Información acerca de la implementación de la Prueba de Bondad Chi-Cuadrada

| Prueba Kolmogorov-Smirnov    |   |
|------------------------------|---|
| <b>Descripción</b>           | Ejecuta la prueba de Bondad de Kolmogorov-Smirnov.  |
| <b>Acción origen</b>         | El usuario da click a la <i>checkbox</i> correspondiente a la prueba de Kolmogorov-Smirnov, al igual que escoge el porcentaje con el cual se trabajará.   |
| <b>Parámetros de Entrada</b> | numeros: <b>array[double]</b><br>nivelSignificancia: <b>double</b><br>El usuario introduce estos datos  |
| <b>Procesos</b>              | Realiza el ordenamiento de los números, cálculo de diferentes componentes para obtener $D^+$ , $D^-$ , $D_{\max}\{D^+, D^-\}$ . Adicionalmente, se calcula estadístico teórico (tabla de Kolmogorov-Smirnov) y práctico     |
| <b>Acciones de Salida</b>    | El usuario es redirigido hacia una pantalla donde se muestra la información obtenida ( $i/N$ , $i/(N-R_i)$ , $R_i - ((i-1)/N)$ , $D^+$ , $D^-$ y $D_{\max}\{D^+, D^-\}$ ), al igual que una gráfica entre $F(x)$ y $S_n(x)$ |

Tabla 7. Información acerca de la implementación de la Prueba de Bondad Kolmogorov-Smirnov

## Pruebas de Uso y Pasos para ejecutar la Aplicación

Nota antes de ejecutar el programa: Para ejecutar el programa se debe de tener 100% el “Tamaño del texto, las aplicaciones y otros elementos”. Para poder hacer el cambio a 100%, se debe de abrir en la barra de navegación de Windows “Cambiar la resolución de la pantalla”, después en “Escala y distribución”, se cambia el tamaño a 100%.

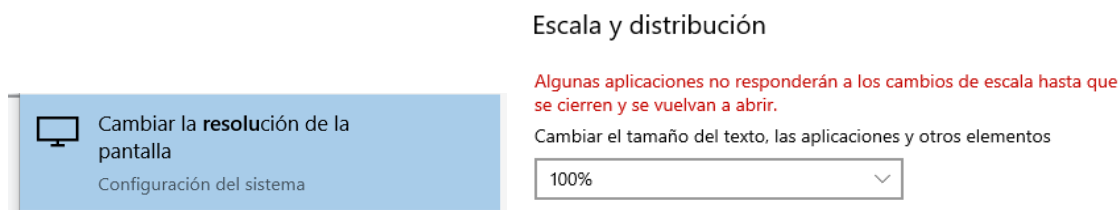


Figura 3. Instrucciones para poder visualizar de manera correcta la interfaz gráfica de nuestro programa.



## Método de Centros Cuadrados



SIMULADOR DE NUMEROS RANDOM

MÉTODO DE LOS CENTROS CUADRADOS

SEMILLA: 8750 2

TOTAL DE NÚMEROS A GENERAR: 50 3

GENERAR 4

Figura 4. Captura de Pantalla del Simulador para introducción de parámetros para el Método de Centros Cuadrados.

1. Se debe seleccionar, en la esquina superior, el método de los “Centros Cuadrados”.
2. La semilla a ser introducida debe ser un número entero entre 100 y 9999.
3. Se debe introducir el número total de elementos a generar, siendo un número entero superior a 0.
4. Oprimir el botón de Generar para mostrar pantalla con resultados.



SIMULADOR DE NUMEROS RANDOM

MÉTODO DE LOS CENTROS CUADRADOS

NUMEROS A GENERAR DEBE SER MAYOR A 0

SEMILLA: 8750

TOTAL DE NÚMEROS A GENERAR: -50

GENERAR

Figura 5. Captura de Pantalla del Simulador con etiqueta indicando un problema con los valores insertados por el usuario.

| Centros Cuadrados |         |            |               |        |  |
|-------------------|---------|------------|---------------|--------|--|
| Xn                | Semilla | Generador  | No. Aleatorio | Ri     |  |
| 0                 | 8750    | 76 5625 00 | 5625          | 0.5625 |  |
| 1                 | 5625    | 31 6406 25 | 6406          | 0.6406 |  |
| 2                 | 6406    | 41 0368 36 | 0368          | 0.0368 |  |
| 3                 | 368     | 00 1354 24 | 1354          | 0.1354 |  |
| 4                 | 1354    | 01 8333 16 | 8333          | 0.8333 |  |
| 5                 | 8333    | 69 4388 89 | 4388          | 0.4388 |  |
| 6                 | 4388    | 19 2545 44 | 2545          | 0.2545 |  |
| 7                 | 2545    | 06 4770 25 | 4770          | 0.477  |  |
| 8                 | 4770    | 22 7529 00 | 7529          | 0.7529 |  |
| 9                 | 7529    | 56 6858 41 | 6858          | 0.6858 |  |

Figura 6. Captura de Pantalla con resultados del método de Centros Cuadrados.

## Método Congruencial

SIMULADOR DE NUMEROS RANDOM

1 MÉTODO CONGRUENCIAL

MÉTODO CONGRUENCIAL

SEMILLA: 2 56

MULTIPLICADOR: 3 85

INCREMENTO: 4 369

MODULO: 5 578

TOTAL DE NÚMEROS A GENERAR: 6 209

7

8

9

Chi-Cuadrada 99.5%

Kolmogorov-Smirnov 20%

GENERAR

Figura 7. Captura de Pantalla del Simulador para introducción de parámetros para el Método Congruencial.

1. Se debe seleccionar, en la esquina superior, el método de los “Método Congruencial”.
2. La semilla a ser introducida debe ser un número entero mayor a 0 y mayor que el módulo.
3. El multiplicador a ser introducido debe ser un número entero mayor a 0 y mayor que el módulo.
4. El incremento a ser introducido debe ser un número entero mayor a 0 y mayor que el módulo.
5. El módulo a ser introducido debe ser un número entero mayor a 0.
6. Se debe introducir el número total de elementos a generar, siendo un número entero superior a 0.
7. Para ejecutar la prueba de Chi-Cuadrada, seleccionar la *checkbox* y el porcentaje a trabajar.
8. Para ejecutar la prueba de Kolmogorov-Smirnov, seleccionar la *checkbox* y el porcentaje a trabajar.
9. Oprimir el botón de Generar para mostrar pantalla con resultados.

SIMULADOR DE NUMEROS RANDOM

MÉTODO CONGRUENCIAL

---

**MÉTODO CONGRUENCIAL**

EL MODULO TIENE QUE SER MAYOR A LOS DEMAS VALORES; EL MULTIPLICADOR, INCREMENTO Y SEMILLA DEBEN SER MAYORES A CERO

SEMILLA: 56

MULTIPLICADOR: 85

INCREMENTO: 369

MODULO: -578

TOTAL DE NUMEROS A GENERAR: 209

☒ Chi-Cuadrada 99.5%

☐ Kolmogorov-Smirnov 20%

GENERAR

Figura 8. Captura de Pantalla del Simulador con etiqueta indicando un problema con los valores insertados por el usuario.

| Congurencial Lineal |         |                                 |                 |                    |
|---------------------|---------|---------------------------------|-----------------|--------------------|
| Xn                  | Semilla | Generador                       | No. Aleatorio   | Ri                 |
| 0                   | 56      | $(85(56)+ 369)\text{mod}(578)$  | 505             | 0.8737024221453287 |
| 1                   | 505     | $(85(505)+ 369)\text{mod}(578)$ | 522             | 0.903114186851211  |
| 2                   | 522     | $(85(522)+ 369)\text{mod}(578)$ | 233             | 0.4031141868512111 |
| 3                   | 233     | $(85(233)+ 369)\text{mod}(578)$ | 522             | 0.903114186851211  |
| 4                   | 522     | $(85(522)+ 369)\text{mod}(578)$ | 233             | 0.4031141868512111 |
| 5                   | 233     | $(85(233)+ 369)\text{mod}(578)$ | 522             | 0.903114186851211  |
| 6                   | 522     | $(85(522)+ 369)\text{mod}(578)$ | 233             | 0.4031141868512111 |
| 7                   | 233     | $(85(233)+ 369)\text{mod}(578)$ | 522             | 0.903114186851211  |
| 8                   | 522     | $(85(522)+ 369)\text{mod}(578)$ | 233             | 0.4031141868512111 |
| 9                   | 233     | $(85(233)+ 369)\text{mod}(578)$ | 522             | 0.903114186851211  |
| Chi-Cuadrada        |         |                                 | 0.00478 < 4e-05 |                    |

Figura 9. Captura de Pantalla con resultados del método Congruencial Lineal.

### Método Congruencial Mixto

SIMULADOR DE NUMEROS RANDOM

1 MÉTODO CONGRUENCIAL MIXTO

---

**MÉTODO CONGRUENCIAL MIXTO**

SEMILLA: 2 258

MULTIPLICADOR: 3 298

INCREMENTO: 4 269

MODULO: 5 589

TOTAL DE NUMEROS A GENERAR: 6 425

☒ Chi-Cuadrada 99.5%

☒ Kolmogorov-Smirnov 20%

GENERAR 9

Figura 10. Captura de Pantalla del Simulador para introducción de parámetros para el Método Congruencial Mixto.

1. Se debe seleccionar, en la esquina superior, el método de los “Método Congruencial”.
2. La semilla a ser introducida debe ser un número entero mayor a 0 y mayor que el módulo.

3. El multiplicador a ser introducido debe ser un número entero mayor a 0 y mayor que el módulo.
4. El incremento a ser introducido debe ser un número entero mayor a 0 y mayor que el módulo.
5. El módulo a ser introducido debe ser un número entero mayor a 0.
6. Se debe introducir el número total de elementos a generar, siendo un número entero superior a 0.
7. Para ejecutar la prueba de Chi-Cuadrada, seleccionar la checkbox y el porcentaje a trabajar.
8. Para ejecutar la prueba de Kolmogorov-Smirnov, seleccionar la checkbox y el porcentaje a trabajar.
9. Oprimir el botón de Generar para mostrar pantalla con resultados.

**SIMULADOR DE NUMEROS RANDOM** MÉTODO CONGRUENCIAL MIXTO

**MÉTODO CONGRUENCIAL MIXTO**  
 EL MÓDULO TIENE QUE SER MAYOR A LOS DEMÁS VALORES; EL MULTIPLICADOR, INCREMENTO Y SEMILLA DEBEN SER MAYORES A CERO

|                             |                                   |  |                                    |
|-----------------------------|-----------------------------------|--|------------------------------------|
| SEMILLA:                    | <input type="text" value="258"/>  | <input checked="" type="checkbox"/> Chi-Cuadrada       | <input type="text" value="99.5%"/> |
| MULTIPLICADOR:              | <input type="text" value="298"/>  |  |                                    |
| INCREMENTO:                 | <input type="text" value="269"/>  | <input checked="" type="checkbox"/> Kolmogorov-Smirnov | <input type="text" value="20%"/>   |
| MÓDULO:                     | <input type="text" value="-589"/> |  |                                    |
| TOTAL DE NÚMEROS A GENERAR: | <input type="text" value="425"/>  |  |                                    |

Figura 11. Captura de Pantalla del Simulador con etiqueta indicando un problema con los valores insertados por el usuario.

**SIMULADOR DE NUMEROS RANDOM** MÉTODO CONGRUENCIAL MIXTO

**MÉTODO CONGRUENCIAL MIXTO**  
 LOS PARAMETROS NO LOGRAN CUMPLIR LA EVALUACION DE HULL-DOBELL

|                             |                                       |  |                                    |
|-----------------------------|---------------------------------------|--|------------------------------------|
| SEMILLA:                    | <input type="text" value="4"/>        | <input checked="" type="checkbox"/> Chi-Cuadrada       | <input type="text" value="99.5%"/> |
| MULTIPLICADOR:              | <input type="text" value="8121"/>     |  |                                    |
| INCREMENTO:                 | <input type="text" value="28411"/>    | <input checked="" type="checkbox"/> Kolmogorov-Smirnov | <input type="text" value="20%"/>   |
| MÓDULO:                     | <input type="text" value="10000000"/> |  |                                    |
| TOTAL DE NÚMEROS A GENERAR: | <input type="text" value="8"/>        |  |                                    |

Figura 12. Captura de Pantalla del Simulador con etiqueta indicando un problema con la evaluación de Hull-Dobell.

| Congruencial Mixto |    |         |   |               |                     |
|--------------------|----|---------|---|---------------|---------------------|
|                    | Xn | Semilla | Generador                               | No. Aleatorio | Ri                  |
| 0                  |    | 4       | $(8121(4) + 28411) \bmod (134456)$      | 60895         | 0.4528990896650205  |
| 1                  |    | 60895   | $(8121(60895) + 28411) \bmod (134456)$  | 27538         | 0.20481049562682216 |
| 2                  |    | 27538   | $(8121(27538) + 28411) \bmod (134456)$  | 64181         | 0.4773383114178616  |
| 3                  |    | 64181   | $(8121(64181) + 28411) \bmod (134456)$  | 90856         | 0.6757303504492176  |
| 4                  |    | 90856   | $(8121(90856) + 28411) \bmod (134456)$  | 109915        | 0.8174793240911525  |
| 5                  |    | 109915  | $(8121(109915) + 28411) \bmod (134456)$ | 129198        | 0.960894270244541   |
| 6                  |    | 129198  | $(8121(129198) + 28411) \bmod (134456)$ | 85201         | 0.6336719819122985  |
| 7                  |    | 85201   | $(8121(85201) + 28411) \bmod (134456)$  | 35156         | 0.2614684357708098  |

|                    |                               |
|--------------------|-------------------------------|
| Chi-Cuadrada       | 0.0 < 4e-05                   |
| Kolgomorov-Smirnov | 0.20481049562682216 < 0.35831 |

Figura 13. Captura de Pantalla con resultados del método Congruencial Lineal Mixto.

### Método Multiplicativo

The screenshot shows a web-based simulator titled "SIMULADOR DE NUMEROS RANDOM". A dropdown menu in the top right corner is set to "1 GENERADOR MULTIPLICATIVO". The main panel, titled "GENERADOR MULTIPLICATIVO", contains the following elements:

- SEMILLA:** Input field with value 128.
- MULTIPLICADOR:** Input field with value 26.
- MODULO:** Input field with value 842.
- TOTAL DE NUMEROS A GENERAR:** Input field with value 96.
- Chi-Cuadrada:** A checkbox that is currently unchecked, with a value of 99.5% displayed next to it.
- Kolmogorov-Smirnov:** A checkbox that is currently checked, with a value of 20% displayed next to it.
- GENERAR:** A button at the bottom center, with a small number 8 next to it.

Figura 14. Captura de Pantalla del Simulador para introducción de parámetros para el Método Multiplicativo.

1. Se debe seleccionar, en la esquina superior, el método de los “Generador Multiplicativo”.
2. La semilla a ser introducida debe ser un número entero mayor a 0 y mayor que el módulo.
3. El multiplicador a ser introducido debe ser un número entero mayor a 0 y mayor que el módulo.
4. El módulo a ser introducido debe ser un número entero mayor a 0.
5. Se debe introducir el número total de elementos a generar, siendo un número entero superior a 0.
6. Para ejecutar la prueba de Chi-Cuadrada, seleccionar la checkbox y el porcentaje a trabajar.
7. Para ejecutar la prueba de Kolmogorov-Smirnov, seleccionar la checkbox y el porcentaje a trabajar.
8. Oprimir el botón de Generar para mostrar pantalla con resultados.

**SIMULADOR DE NUMEROS RANDOM** GENERADOR MULTIPLICATIVO

---

**GENERADOR MULTIPLICATIVO**

NUMEROS A GENERAR DEBE SER MAYOR A 0

SEMILLA:  ☐ Chi-Cuadrada 99.5%

MULTIPLICADOR:

MODULO:  ☒ Kolmogorov-Smirnov 20%

TOTAL DE NUMEROS A GENERAR:

**GENERAR**

Figura 15. Captura de Pantalla del Simulador con etiqueta indicando un problema con los parámetros del método Multiplicativo.

Resultados

### Generador Multiplicativo

|                           | Xn | Semilla | Generador   | No. Aleatorio | Ri                   |
|---------------------------|----|---------|---|---------------|----------------------|
| 0                         |    | 128     | $(26 \times 128) \bmod (842)$                       | 802           | 0.9524940617577197   |
| 1                         |    | 802     | $(26 \times 802) \bmod (842)$                       | 644           | 0.7648456057007126   |
| 2                         |    | 644     | $(26 \times 644) \bmod (842)$                       | 746           | 0.8859857482185273   |
| 3                         |    | 746     | $(26 \times 746) \bmod (842)$                       | 30            | 0.035629453681710214 |
| 4                         |    | 30      | $(26 \times 30) \bmod (842)$                        | 780           | 0.9263657957244655   |
| 5                         |    | 780     | $(26 \times 780) \bmod (842)$                       | 72            | 0.0855106888361045   |
| 6                         |    | 72      | $(26 \times 72) \bmod (842)$                        | 188           | 0.22327790973871733  |
| 7                         |    | 188     | $(26 \times 188) \bmod (842)$                       | 678           | 0.8052256532066508   |
| 8                         |    | 678     | $(26 \times 678) \bmod (842)$                       | 788           | 0.9358669833729216   |
| 9                         |    | 788     | $(26 \times 788) \bmod (842)$                       | 280           | 0.332541567695962    |
| <b>Kolgomorov-Smirnov</b> |    |         | <b>0.07479711005542367 &lt; 0.10920641769908337</b> |               |                      |

Figura 16. Captura de Pantalla con resultados del método Generador Multiplicativo

### Método Congruencial Lineal Combinado

**SIMULADOR DE NUMEROS RANDOM** 1 **MÉTODO CONGRUENCIAL LINEAL COMBINADO**

---

**MÉTODO CONGRUENCIAL LINEAL COMBINADO**

INTRODUCE TUS VALORES CON EL SIGUIENTE FORMATO: 456, 7891, 7831, ...

SEMILLA: 2

MULTIPLICADOR: 3

MODULO: 4

TOTAL DE NUMEROS A GENERAR: 5

**GENERAR** 6

Figura 17. Captura de Pantalla del Simulador para introducción de parámetros para el Método Lineal Combinado.

1. Se debe seleccionar, en la esquina superior, el método de los “Método Congruencial Lineal Combinado”.
2. Las semillas deben ser números enteros mayores a 0, introducidos con el siguiente formato: Semilla1, Semilla2, Semilla3, ..., Semilla\_n.

3. Los multiplicadores deben ser números enteros mayores a 0, introducidos con el siguiente formato: Multiplicador1, Multiplicador2, Multiplicador3, ..., Multiplicador\_n.
4. Los módulos deben ser números enteros mayores a 0, introducidos con el siguiente formato: Módulo1, Módulo2, Módulo3, ..., Módulo\_n.
5. Se debe introducir el número total de elementos a generar, siendo un número entero superior a 0.
6. Oprimir el botón de Generar para mostrar pantalla con resultados.

**SIMULADOR DE NUMEROS RANDOM**

**MÉTODO CONGRUENCIAL LINEAL COMBINADO**

NUMEROS A GENERAR DEBE SER MAYOR A 0

INTRODUCE TUS VALORES CON EL SIGUIENTE FORMATO: 456, 7891, 7831, ...

SEMILLA: 456,212,1022

MULTIPLICADOR: 1212,121,901

MODULO: 2344,457,4301

TOTAL DE NÚMEROS A GENERAR: -200

**GENERAR**

Figura 18. Captura de Pantalla del Simulador con etiqueta indicando un problema con los parámetros del método Lineal Combinado.

| Generador Lineal Combinado |          |          |           |                       |  |
|----------------------------|----------|----------|-----------|-----------------------|--|
| Semilla1                   | Semilla2 | Semilla3 | Aleatorio | Ri                    |  |
| 456                        | 212      | 1022     | 1364      | 0.5819112627986348    |  |
| 1832                       | 60       | 408      | 531       | 0.22653583617747441   |  |
| 616                        | 405      | 2023     | 37        | 0.015784982935153583  |  |
| 1200                       | 106      | 3400     | 2         | 0.0008532423208191126 |  |
| 1120                       | 30       | 1088     | 558       | 0.2380546075085324    |  |
| 264                        | 431      | 3961     | 142       | 0.060580204778156996  |  |
| 1184                       | 53       | 3332     | 431       | 0.18387372013651876   |  |
| 480                        | 15       | 34       | 1820      | 0.7764505119453925    |  |
| 448                        | 444      | 527      | 1883      | 0.8033276450511946    |  |
| 1512                       | 255      | 1717     | 1029      | 0.43899317406143346   |  |

Figura 19. Captura de Pantalla con resultados del método Generador Lineal Combinado

### Prueba Chi-Cuadrada

Para los métodos Congruencial, Congruencial Mixto y Generador Multiplicativo, se puede aplicar la prueba de Chi-Cuadrada, como se explicó previamente. A la hora de mostrar resultados de esta prueba de Bondad, se indicará al usuario la validez o no de los números aleatorios; en verde cuando sea válida y en rojo para una invalidez.

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| <b>Chi-Cuadrada</b> | <b>0.75 &lt; 7.82405</b> |
|---------------------|--------------------------|

Figura 20. Captura de pantalla indicando, con el uso del color verde, una validación correcta con Chi-Cuadrada

|              |                |
|--------------|----------------|
| Chi-Cuadrada | 0.75 < 0.01003 |
|--------------|----------------|

Figura 21. Captura de pantalla indicando, con el uso del color rojo, una validación incorrecta con Chi-Cuadrada

Si se le pica al texto en rojo o verde, mostrados en la Figuras 19 y/o 20, se genera una pantalla (Figura 21), en donde se muestra mayor información de la prueba.

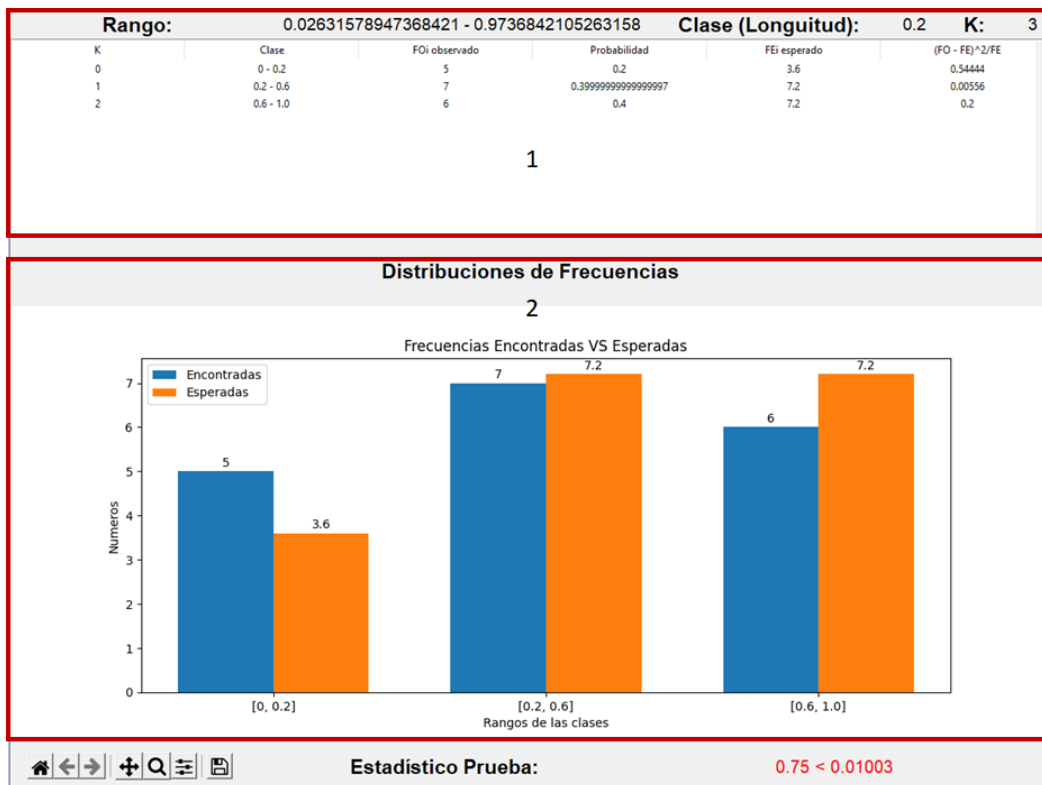


Figura 22. Captura de pantalla que despliega la información relacionada a la prueba de Chi-Cuadrada

1. Se incluye el rango de los números aleatorios, la longitud de las clases, al igual que sus rangos, la probabilidad, las frecuencias esperadas y teóricas de aparición de los aleatorios y los componentes del estadístico de prueba.
2. También se presenta una gráfica de barras que despliegue las frecuencias de Distribución de las diferentes clases generadas para el conjunto de números aleatorios.

### Prueba Kolmogorov-Smirnov

Para los métodos Congruencial, Congruencial Mixto y Generador Multiplicativo, se puede aplicar la prueba de Kolmogorov-Smirnov, como se explicó previamente. A la hora de mostrar resultados de esta prueba de Bondad, se indicará al usuario la validez o no de los números aleatorios; en verde cuando sea válida y en rojo para una invalidez.

|                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| Kolmogorov-Smirnov | 0.1169590643 < 0.2436 |
|--------------------|-----------------------|

Figura 23. Captura de pantalla indicando, con el uso del color verde, una validación correcta con Kolmogorov-Smirnov

|                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| Kolmogorov-Smirnov | 0.549061009 < 0.44698 |
|--------------------|-----------------------|

Figura 24. Captura de pantalla indicando, con el uso del color rojo, una validación incorrecta con Kolmogorov-Smirnov



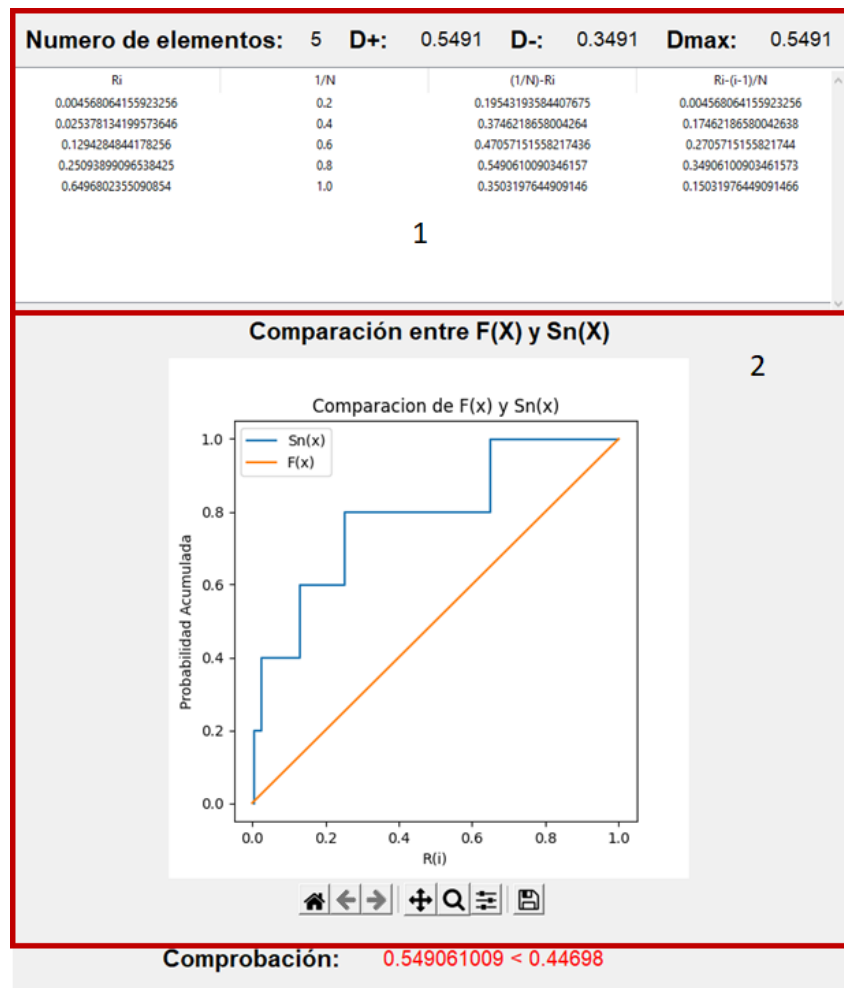


Figura 25. Captura de pantalla que despliega la información relacionada a la prueba de Kolmogorov-Smirnov

1. Se incluye el número de elementos usados en la prueba de bondad, los valores de D +, D-, Dmax y otros elementos numéricos utilizados para obtener el estadístico teórico a comparar con el valor obtenido a partir de la tabla de valores de Kolmogorov-Smirnov.
2. También se presenta una gráfica que realiza la comparación entre Sn(x) y F(x), lo que puede llegar a ser un indicador más visual de la comprobación de Kolmogorov-Smirnov.

## Referencias

Tkinter Course - Create Graphic User Interfaces in Python Tutorial. 2020. [video] Youtube: freeCodeCamp. Recuperado de: <https://youtu.be/YXPYB4XeYLA>

How to add a Matplotlib Graph to Tkinter Window in Python 3 - Tkinter tutorial Python 3.4 p. 6. 2014. [video] Youtube: sentdex. Recuperado de: <https://youtu.be/Zw6M-BnAPP0>

Math Celebrity. 2021. Linear Congruential Generator Calculator. [online] Recuperado en: <https://www.mathcelebrity.com/linear-congruential-generator-calculator.php> [Accessed 10 October 2021].

Linear Congruential Random Number Generator. 2021. asecuritysite. [online] Recuperado en: <https://asecuritysite.com/encryption/linear?val=2175143%2C3553%2C10653%2C100000> [Accessed 10 October 2021].

Simulación de Sistemas. 2021. Prueba de Kolmogorov–Smirnov. [online] Recuperado en: <https://simulacionutp2016.wordpress.com/2016/10/01/prueba-kolmogorov-smirnov/> [Accessed 10 October 2021].