

ArtyHum, 64, 2019, pp. 32-61.

ARTE

TEOREMA DE *LO BELLO* (Parte II).

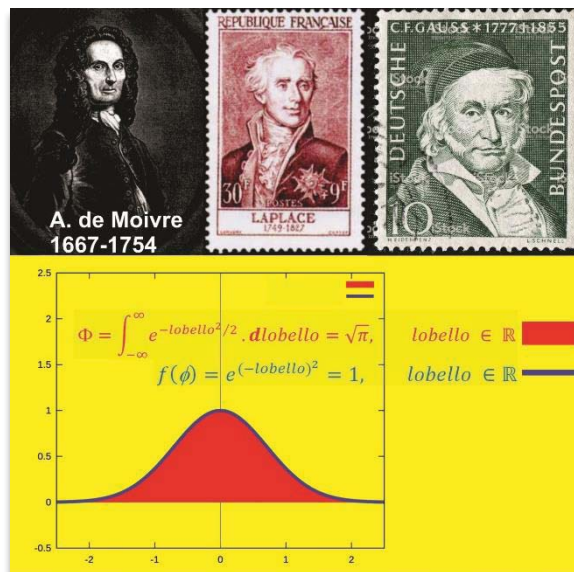
**Aplicación estadístico-probabilística al concepto estético-filosófico
de lo bello en el diseño industrial.**

Por Ibar Federico Anderson.

Universidad Nacional de La Plata.

Fecha de recepción: 17/08/2019.

Fecha de aceptación: 26/08/2019.



Resumen.

En la primera parte de este artículo (publicado en ArtyHum N° 60), el análisis se iniciaba a partir de una justificación histórica y filosófica, ahora el análisis consistirá en una profundización de las matemáticas subyacentes. El siglo XXI está presionando sobre los fundamentos metodológicos y epistemológicos de la Ciencia Social del Arte y sus técnicas de investigación sobre las variantes disciplinares como: el diseño gráfico o el diseño industrial. Aportaremos elementos para lograr un acercamiento de las Ciencias Sociales a las Ciencias Exactas (estadística y probabilidad). En definitivas cuentas, para volver más objetivo el estudio de la subjetividad humana sobre el gusto estético que los individuos manifiestan sobre los objetos, artefactos y productos manufacturados artesanal e industrialmente. Y simultáneamente para enriquecer otras técnicas y metodologías cualitativas de investigación, sin el deseo de anularlas; todo lo contrario: potenciarlas, enriquecerlas y hacer un efecto de sinergia mutua.

Palabras clave: *Diseño, Estadística, Estética, Matemática, Probabilidad.*

Abstract.

In the first part of this article (published in ArtyHum N° 60), the analysis began from a historical and philosophical justification, now the analysis will consist of a deepening of the underlying mathematics. The 21st century is pressing on the methodological and epistemological foundations of the Social Science of Art and its research techniques on disciplinary variants such as: graphic design or industrial design. We will contribute elements to achieve a Social Sciences approach to Exact Sciences (statistics and probability). Ultimately, to make the study of human subjectivity on the aesthetic taste that individuals manifest about objects, artifacts and products manufactured by hand and industrially. And simultaneously to enrich other qualitative research techniques and methodologies, without the desire to cancel them; quite the opposite: enhance them, enrich them and make an effect of mutual synergy.

Keywords: *Design, Statistics, Aesthetics, Mathematics, Probability.*

Introducción general.

Este trabajo corresponde a una profundización de las técnicas y procedimientos provenientes de las matemáticas (estadística y probabilidad), para su aplicación a las metodologías de la investigación cualitativas¹⁰³.

Donde nos hacíamos la siguiente pregunta: ¿cómo medir el gusto estético (lo bello), aplicado a un objeto, producto u artefacto de diseño industrial? La respuesta metodológica había resultado de ajustar los Marcos Teóricos de dos ciencias: estética (filosofía del arte) y diseño industrial con estadística y probabilidad.

La metodología interdisciplinaria para ese estudio observacional (no-experimental) sobre una única variable cualitativa, aleatoria e independiente

—que hemos definido como *lobello*¹⁰⁴— fue obtenida a partir del Marco Teórico del arte, la estética y semiología. Donde se inicio a partir del recorrido histórico de la evolución del concepto filosófico de la Belleza en *Sócrates* (470-399 a.C.), *Platón* (427-347 a.C.), *Aristóteles* (384-322 a.C.) y *Kant* (1724-1804); de la estética en *Baumgarten* (1714-1762) y finalmente de la semiología en *Eco* (1932-2016), *Baudrillard* (1929-2007) y *Llovet* (1947-). Para obtener, con fundamento histórico, la variable cualitativa o variable aleatoria independiente (x) de: *lo-bello* (belleza-adherente-kantiana).

¹⁰³ Técnicas y metodologías de investigación cuantitativas y cualitativas desarrolladas a partir de una reflexión teórico-conceptual de las investigaciones presentadas en las *VIII Jornadas de Investigación en Disciplinas Artísticas y Proyectuales (JIDAP)* de la Facultad de Bellas Artes, Universidad Nacional de La Plata, República Argentina, 2016; bajo los títulos: *Integral de Lo-Bello. Introducción al cálculo de la belleza (Parte I)*. *Chi-cuadrado de lo-bello (Parte II)*. A partir de la cual se condensó el trabajo y se escribió el artículo publicado en la revista *ArtyHum* N° 60 como: “*Teorema de Lo Bello: Aplicación estadístico-probabilística al concepto estético-filosófico de lo bello en el diseño industrial*” (2019).

¹⁰⁴ En este trabajo utilizamos la palabra: “*lobello*” (todo junto) en reemplazo de lo que en matemáticas se denomina la variable aleatoria independiente “x”, que se utiliza para cálculos de probabilidad y estadística. Su nombre lo hemos seleccionado a partir del debate teórico que Jordi Llovet plantea en su libro: *Ideología y metodología del diseño* (1979). Cuando hace una diferenciación entre el *valor de uso* (lo útil), el *valor de signo* (lo bello) y el *valor de cambio* (económico capitalista), para lo cual se fundamenta en la teoría del filósofo y sociólogo crítico Jean Baudrillard y su libro: *Crítica de la economía política del signo* (1974). Quien establece la dialéctica entre el *valor de uso/valor de signo*, Donde el *valor de uso* de un objeto equivaldría a sus valor funcional, y el *valor de signo* —a veces denominado por Baudrillard *valor de cambio-signo*— equivaldría a aquel valor incorporado a un objeto, por el cual dicho objeto pasa a tener un valor de significación (connotador de status de clase, definidor de gusto socialmente aceptado, etc.) de un orden distinto del valor de uso, es decir su belleza adherente kantiana, a la cual definiremos simplemente como: *lobello* (escrito todo junto y con minúscula, para diferenciarlo de los estudios filosóficos sobre *La Belleza*, con mayúscula, iniciados por *Platón*, *Aristóteles*, continuados por *Hegel*, *Kant* y *Nietzsche* entre otros).

En esta segunda entrega, bajo el título de: *Teorema de Lo Bello (Parte II)*. Luego de una mayor profundización y análisis histórico sobre los orígenes de la probabilidad y estadística según los siguientes –y principales– matemáticos: *Abraham Moivre* (1667-1754), *Pierre-Simon Laplace* (1749-1827) y *Johann Carl Friedrich Gauss* (1777-1855).

En donde nos interesa especialmente la denominada curva de *De Moivre-Laplace-Gauss* y el *Teorema Central del Límite* (TCL). Transformamos la variable aleatoria independiente de (x) –para nosotros *lobello*–, presente en el TCL y la *Distribución Normal* para obtener la densidad de probabilidad gaussiana de *lobello*. Esta hipótesis (abductiva) es de enorme utilidad para medir la estética aplicada a los productos de diseño artesanal o industrial.

Pero la pregunta que se abre es inquietante: ¿esta metodología que se vuelve predictiva sobre la subjetividad humana y su comportamiento frente al diseño (artesanal e industrial) puede ser objetivamente analizado? ¿También se podría utilizar en otras artes o diseños? (artes visuales, diseño gráfico, arquitectura, etcétera).

La respuesta de sus alcances solo estaría potencialmente disponible en la imaginación creativa de los investigadores sociales para formular nuevas hipótesis de trabajo.

Introducción particular, histórica y matemática.

Su origen data del siglo XVII, pero como teoría fija se establece en el siglo XVIII por el ya mencionado Abraham Moivre, quien mediante su enorme capacidad de análisis noto que al lanzar una moneda al aire, tendría la probabilidad de obtener uno de esos lados (cara o cruz), con lo cual dedujo que en “n” tiradas tenía una representación gráfica con una curva suave a medida que “n” se hacía grande, donde “n” representa el número indeterminado de veces que la moneda sería lanzada.

Más adelante dedujo que con la utilización de dicho gráfico se encontraría una ecuación que permitiría darle una solución más sencilla al cálculo efectuado producto de la experiencia vivida con el simple lanzamiento de una moneda al aire.

Parte de la historia que se relaciona con mayor propiedad al tema, reside en una teoría creada con anterioridad en el siglo XVII por **Galileo Galilei** (1564-1642) que tiene por objetivo el análisis de los errores de medición obtenidos sobre una serie de observaciones astronómicas efectuadas durante los trabajos del célebre personaje. La relación existente viene dada por la gráfica concluyente que se generaba durante los estudios, la cual era muy similar a la campana de gauss, cuya conclusión dio a entender que los errores eran simétricos, y que eran más frecuentes los errores pequeños que los grandes.

La Distribución Normal, hoy en día conocida por millones de personas –algunos especialistas en estadística y probabilidad, y otros, no tanto–, fue presentada por primera vez por Abraham de Moivre en un artículo del año 1733, que fue reimpresso en la segunda edición de su *La Doctrina de las Probabilidades* (1718)¹⁰⁵, en el

contexto de cierta aproximación de la distribución binomial para grandes valores de “n”. Su resultado fue ampliado posteriormente en 1783 por Pierre-Simon Laplace para estudiar los errores de medición y ampliado en su libro *Teoría Analítica de las Probabilidades* (1812).

Como veremos seguidamente, la Distribución Normal se relaciona con el Teorema Central del Límite (TCL). Al respecto, el matemático holandés **Henk Tijms** escribe:

“El Teorema Central del Límite tiene una historia interesante. La primera versión de este teorema fue postulada por el matemático nacido en Francia Abraham de Moivre quien, en un notable artículo publicado en 1733, usó la distribución normal para aproximar la distribución del número de caras resultantes de muchos lanzamientos de una moneda justa. Este hallazgo estaba muy adelantado a su tiempo, y fue casi olvidado hasta que el famoso matemático francés Pierre-Simon

¹⁰⁵ *The Doctrine of Chances* es un libro sobre la teoría de la probabilidad del siglo XVIII escrito por el matemático francés Abraham de Moivre, publicado en 1718. El título del libro ha llegado a ser sinónimo de la teoría de las probabilidades y por consiguiente la frase fue usada en el famoso postulado de **Thomas Bayes** “An Essay Toward Solving a Problem in the Doctrine of Chances”

(Ensayo Para Resolver un Problema en la Doctrina de las Probabilidades). La segunda edición publicada en 1738 introdujo el concepto de distribución normal como aproximación de la distribución binomial. Una tercera edición fue publicada en 1756.

Laplace lo rescató de la oscuridad en su monumental obra *Théorie analytique des probabilités*, que se publicó en 1812. Laplace amplió el hallazgo de De Moivre al aproximar la distribución binomial con la distribución normal. Pero como con De Moivre, el hallazgo de Laplace recibió poca atención en su propio tiempo. No fue hasta que el siglo XIX llegó a su fin cuando se discernió la importancia del Teorema Central del Límite, cuando, en 1901, el matemático ruso **Aleksandr Lyapunov** definió en términos generales y demostró con precisión cómo funcionaba matemáticamente. Hoy en día, el Teorema Central del Límite se considera el soberano no oficial de la teoría de la probabilidad¹⁰⁶.

Laplace, también publicó el *Ensayo filosófico sobre la probabilidad* (1814). En la actualidad se llama Teorema de De Moivre-Laplace.

Johann Carl Friedrich Gauss afirmaba haber usado el método desde 1794, lo justificó rigurosamente en 1809 asumiendo una Distribución Normal

de los errores. El nombre de Gauss se ha asociado a esta distribución porque la uso con profusión cuando analizaba datos astronómicos y algunos autores le atribuyen un descubrimiento independiente del de De Moivre. Algo similar a lo que sucedió con **Isaac Newton** (1642-1727) y **Gottfried Wilhelm von Leibniz** (1646-1716) y el cálculo infinitesimal.

Por dicha razón es que esta curva fundamental en estadística lleva el nombre de Gauss, pero sabemos que su descubridor real fue De Moivre medio siglo antes.

De Moivre, estudiando la ley de los grandes números obtuvo por primera vez áreas de la *Distribución Normal*. Sin embargo la idea de distribución continua no existía todavía, por lo que la demostración de la convergencia de la binomial a la normal es debida a Laplace.

El nombre de “campana” viene de **Esprit Jouffret** que uso el término “*bell surface*” (superficie campana) por primera vez en 1872 para una distribución normal bivalente de componentes independientes. El nombre de Distribución Normal fue otorgado

¹⁰⁶ HENK, T.: *Comprensión de la probabilidad: reglas de azar en la vida cotidiana*. Cambridge, Cambridge University Press, 2004, p. 169.

independientemente por *Charles S. Peirce* (1839-1914), *Francis Galton* (1822-1911) y *Wilhelm Lexis* (1837-1914) hacia 1875.

En efecto, tres científicos independientes inician su uso, el americano C. S. Peirce en 1873, el inglés Sir Francis Galton en 1879, y el alemán Wilhelm Lexis en 1879. Su generalizado uso es probablemente debido a la influencia del gran estadístico *Karl E. Pearson* (1857-1936), quien dice esto en 1920:

“Hace muchos años [en 1893] yo llame a la curva Laplace-Gauss la curva normal, cuyo nombre, mientras esto evita la pregunta internacional de prioridad, tiene la desventaja de llevar gente a considerar que todas las otras distribuciones de frecuencia son en un sentido u otro anormal¹⁰⁷”.

Pearson, en una serie de conferencias sobre la Historia de la Estadística que brindó en la University College de Londres entre los años de 1921 y 1933. Las conferencias fueron recogidas por su hijo *Egon Pearson*,

catedrático de Estadística en la University College también, y que aunque algunas personas no eran partidarias de su publicación sin ser revisadas, constituyen un valioso documento para la historia.

En especial se cita el ítem dos (2) de cuatro ítems aclaratorios que brindo Pearson:

“2. Hay una curva fundamental en estadística que lleva el nombre de Gauss. Laplace la descubrió diez años antes y su descubridor real fue De Moivre medio siglo antes¹⁰⁸”.

K. E. Pearson, inconsciente del trabajo de Moivre, le fue también difícil reservar algún crédito al descubrimiento de Laplace. La curva normal ha llegado a ser una de las más extensamente aplicadas herramientas de todas las matemáticas y nunca han podido cambiar su nombre. Quedando definido –su nombre– como curva gaussiana o curva de Gauss.

¹⁰⁷ STAHL, S.: “La evolución de la distribución normal”, *Comunicaciones en estadística*, Vol. 1, Nº 1, Colombia, Universidad Santo Tomás, 2008, p. 20.

¹⁰⁸ GÓMEZ VILLEGAS, M. A.: “Karl Pearson, el creador de la Estadística Matemática”. En BASULTO, J.; GARCÍA, J. J. (Eds.): *Historia de la probabilidad y la Estadística IV*. Huelva, Servicio de publicaciones de la Universidad de Huelva, 2009, pp. 351-356. Disponible en línea: <http://estadisticamigable.blogspot.com/2013/10/karl-pearson-el-creador-de-la.html> [Fecha de consulta: 17/08/2019].

Sir Francis Galton estudió exhaustivamente la Distribución Normal y junto a Karl Pearson (1857-1936) fundó en 1901 la revista *BiométriKa*. Karl Pearson, en coautoría con *Alice Lee* (1858-1939) publican en dicha revista (Volumen 2) un gráfico de la curva gaussiana que apareció en el artículo:

“Sobre las Leyes de la Herencia en el Hombre: I. Herencia de los Caracteres Físicos¹⁰⁹”.

Galton, primo del biólogo *Charles Darwin* (padre de la teoría de la evolución), la llamó curva Normal por primera vez en 1889.

La importancia de individuos como Galton, Pearson, Gauss, Laplace y otros; radica en haber sido personas interesadas en una gama muy amplia de problemas (individuos cultos, intelectuales, letrados y a la altura de la ciencia de su época), que abordaron la ciencia con un enfoque multidisciplinario (hoy en día diríamos interdisciplinario).

Aquí radica la importancia de traer su estudio al arte y el diseño, *ceteris paribus*: debemos estar a la altura de los estudios científicos cuantitativos que el nuevo siglo XXI demanda a los estudiosos cualitativos del arte (obviarlos solo traería más ignorancia y menos ciencia).

Al respecto, Galton describió el Teorema Central del Límite (TCL) de esta manera:

“Apenas conozco algo tan apto para impresionar a la imaginación como la maravillosa forma de orden cósmico expresada por la “Ley de Frecuencia de Error”. La ley habría sido personificada por los griegos y deificada, si lo hubieran sabido. Reina con serenidad y en total anulación, en medio de la más salvaje confusión. Cuanto más grande es la mafia, y cuanto mayor es la aparente anarquía, más perfecta es su influencia. Es la ley suprema de la sin razón. Cada vez que se toma una gran muestra de elementos caóticos y se ordenan en el orden de su magnitud, una forma de regularidad insospechada y hermosa demuestra que estuvo latente todo el tiempo¹¹⁰”.

¹⁰⁹ PEARSON, K.; LEE, A.: “Sobre las leyes de Herencia en el hombre: I. Herencia de lo físico Caracteres”, *Biometrika*, Vol. 2, N° 4, 1 de noviembre de 1903, pp. 357-462. Disponible en línea: <https://doi.org/10.1093/biomet/2.4.357> [Fecha de consulta: 17/08/2019].

¹¹⁰ GALTON, F.: *Herencia natural*. Londres, Macmillan & Co., 1889, p. 66.

El TCL, el nombre viene de un documento científico escrito por el matemático **George Pólya**, titulado *Über den zentralen Grenzwertsatz der Wahrscheinlichkeitsrechnung und das Momentenproblem* (1920), traducido como: *El «teorema del límite» (Grenzwertsatz) central del cálculo probabilístico y el problema de los momentos*. Otra traducción puede ser: *Sobre el Teorema Central del Límite del cálculo de probabilidad y el problema del momento*. Pólya se refirió al teorema como “central” debido a su importancia en la teoría de la probabilidad.

La escuela de probabilidad francesa interpreta la palabra *central* en el sentido de que describe el comportamiento del centro de la distribución en oposición a sus colas. El resumen del artículo *Sobre el Teorema Central del Límite del cálculo de probabilidad y el problema de los momentos* de Pólya en 1920 se traduce de la siguiente manera:

“La aparición de la densidad de probabilidad gaussiana $1 = e^{-x^2}$ en experimentos repetidos, en errores de medición, que resultan en la combinación de muchos y muy pequeños errores elementales, en procesos de difusión, etc., puede explicarse, como es bien conocido, por el mismo teorema del límite, que juega un papel central en el cálculo de la probabilidad. El descubridor real de este teorema del límite se llamará Laplace; es probable que Tschebyscheff haya presentado por primera vez su rigurosa prueba y que, hasta donde yo sé, su formulación más precisa se pueda encontrar en un artículo de Liapounoff. (...)”¹¹¹.

Justificación del trabajo.

La importancia de estudiar, analizar y utilizar esta distribución –denominada Distribución Normal– radica en que, así como permite modelar numerosos fenómenos naturales, sociales y psicológicos (como el gusto estético, propio de la

¹¹¹ PÓLYA, G.: “Über den zentralen Grenzwertsatz der Wahrscheinlichkeitsrechnung und das Momentenproblem [traducido del alemán: *Sobre el Teorema Central del Límite del cálculo de probabilidad y el problema del momento*]. *Mathematische Zeitschrift*. Alemania, S/E., 1920, pp. 171-181.

subjetividad humana); aquí es donde ingresa la psicología –e incluso la filosofía– del arte referida a la interpretación de la belleza y *lo-bello-adherente-kantiano*.

Esta última definición fue desarrollada en *ArtyHum* N° 60 bajo el título del artículo: *Teorema de Lo Bello (Parte I): Aplicación estadístico-probabilística al concepto estético-filosófico de lo bello en el diseño industrial* (2019).

Mientras que los mecanismos que subyacen a gran parte de este tipo de fenómenos son desconocidos, por la enorme cantidad de variables incontrolables que en ellos intervienen, el uso del modelo de Distribución Normal (curva gaussiana) puede justificarse asumiendo que cada observación se obtiene como la suma de unas pocas causas independientes. Aquí radica la innovación teórica de este trabajo de investigación, devenida del campo matemático y estadístico, para vincularlo a otros Marcos Teóricos propios de la filosofía, la estética y la teoría del arte.

De hecho, la estadística descriptiva sólo permite describir un fenómeno, sin explicación alguna.

Para la explicación causal es preciso el *diseño experimental*, de ahí que al uso de la estadística en psicología y sociología sea conocido como *método correlacional*.

La Distribución Normal también es importante por su relación con la estimación por mínimos cuadrados, uno de los métodos de estimación más simples y antiguos.

Algunos ejemplos de variables asociadas a fenómenos naturales que siguen el modelo de la normal son caracteres morfológicos de individuos como la estatura; caracteres fisiológicos como el efecto de un fármaco; caracteres sociológicos como el consumo de cierto producto por un mismo grupo de individuos; caracteres psicológicos como el cociente intelectual, etcétera.

Por lo cual se considera que el gusto estético que un individuo o persona (caso) sobre un objeto, artefacto o producto de diseño (artesanal o industrial) se podría medir como un carácter psicológico propio de la subjetividad humana, perteneciente a un grupo social influenciado culturalmente.

La Distribución Normal es la más extendida en estadística y muchos tests estadísticos están basados en una “normalidad” más o menos justificada de la variable aleatoria (en nuestro caso: *lobello*) bajo estudio.

En probabilidad, la Distribución Normal aparece como el límite de varias distribuciones de probabilidad continuas y discretas.

Muchas variables aleatorias continuas presentan una función de densidad cuya gráfica tiene forma de campana (como la que presentamos en este trabajo de investigación).

Esta distribución es frecuentemente utilizada en las aplicaciones estadísticas. Su propio nombre indica su extendida utilización, justificada por la frecuencia o normalidad con la que ciertos fenómenos tienden a parecerse en su comportamiento a esta distribución. Lo cual nos permite afirmar la siguiente hipótesis.

Hipótesis.

El Teorema Central del Límite (TCL) y los postulados matemáticos de De Moivre-Laplace-Gauss sobre la distribución de datos en forma de campana, pueden ser aplicados a la medición de la *belleza-adherente-kantiana*. Donde los datos, provienen de la variable aleatoria independiente de *lobello*. El TCL describe la distribución de la media o promedio (\bar{X}) de una muestra aleatoria proveniente de una población con varianza (σ^2) finita.

Cuando el tamaño de la muestra es lo suficientemente grande ($n \geq 30$), la distribución de la media sigue aproximadamente una Distribución Normal, siendo la misma: $N(\bar{X}; \sigma)$, donde N (media; desviación estándar o desviación típica). Por tanto, la mediana y moda coinciden en el punto de la media (\bar{X}).

El TCL nos indica que, en condiciones muy generales, si \bar{X} es la suma de “ n ” variables independientes y de varianza¹¹² no nula pero finita,

¹¹² En teoría de probabilidad, la varianza (que suele representarse como σ^2) de una variable aleatoria es una medida de dispersión definida como la esperanza del cuadrado de la desviación de dicha variable respecto a su

entonces la función de distribución de *lobello* se aproxima bien a una Distribución Normal (también llamada *distribución gaussiana, curva de Gauss* o *campana de Gauss*).

Desarrollo de fórmulas y ecuaciones.

Andreas Hald proporciona una descripción detallada de la historia del TCL, que detalla el trabajo fundamental de Laplace, así como las contribuciones de Cauchy, Bessel y Poisson. Dos relatos históricos, uno que abarca el desarrollo desde Laplace hasta Cauchy, el segundo, las contribuciones de von Mises, Pólya, Lindeberg, Lévy y Cramér durante la década de 1920, son dadas por Hans Fische¹¹³.

media. Su unidad de medida corresponde al cuadrado de la unidad de medida de la variable: por ejemplo, si la variable mide una distancia en metros, la varianza se expresa en metros al cuadrado. La varianza tiene como valor mínimo 0. La desviación estándar (raíz cuadrada de la varianza $\sqrt{\sigma^2} = \sigma$) es una medida de dispersión alternativa, expresada en las mismas unidades que los datos de la variable objeto de estudio. El término *varianza* fue acuñado por Ronald Fisher en un artículo publicado en enero de 1919 con el título *The Correlation Between Relatives on the Supposition of Mendelian Inheritance* (traducido al español como: *La correlación entre parientes en la suposición de herencia mendeliana*).

¹¹³ FISCHER, H.: "Capítulo 2: El Teorema Central del Límite de Laplace a Cauchy: cambios en los objetivos estocásticos y en los métodos analíticos, Capítulo 5.2: El Teorema Central del Límite en los años veinte", *Una historia del Teorema Central del Límite: de la teoría de la probabilidad clásica a la moderna. Fuentes y estudios en la historia de las*

Bernstein¹¹⁴ presenta una discusión histórica centrada en el trabajo de Pafnuty Chebyshev y sus estudiantes Andrey Markov y Aleksandr Lyapunov que condujeron a las primeras pruebas del TCL en un entorno general.

Durante la década de 1930 se presentaron progresivamente pruebas más generales del Teorema Central del Límite.

Se descubrió que muchos sistemas naturales exhibían distribuciones gaussianas, un ejemplo típico son las distribuciones de altura para humanos, el peso o masa corporal, sus características psicológicas (inteligencia), etcétera.

Cuando los métodos estadísticos como el análisis de varianza se establecieron a principio de 1900, se hizo cada vez más común asumir distribuciones gaussianas subyacentes¹¹⁵.

matemáticas y las ciencias físicas. Nueva York, Springer, 2011.

¹¹⁴ BERNSTEIN, S. N.: "Sobre el trabajo de PL Chebyshev en la teoría de la probabilidad". En BERNSTEIN, S. N. (Ed.): *Nauchnoe Nasledie PL Chebysheva. Vypusk Pervyi: Matematika* (traducido del ruso: *El legado científico de PL Chebyshev. Parte I: Matemáticas*). Moscú y Leningrado, Academia Nauk SSSR, 1945, p. 174.

¹¹⁵ WOLFRAM, S.: *Un Nuevo tipo de ciencia*. Wolfram Media, Inc., 2002, p. 977.

Una nota curiosa al pie de la historia del Teorema Central del Límite es que una prueba de un resultado similar al Lindeberg de 1922 fue el tema de la disertación de la beca de Alan Turing de 1934 para King's College en la Universidad de Cambridge. Solo después de enviar el trabajo, Turing supo que ya había sido probado; en consecuencia, la tesis de Turing no fue publicada^{116 y 117}.

La importancia de la hipótesis planteada en este trabajo, es que en la teoría de la probabilidad, el TCL establece que, en algunas situaciones, cuando se agregan variables aleatorias independientes, su suma correctamente normalizada tiende hacia una Distribución Normal (informalmente conocida como “*curva de campana*”) incluso si las variables originales no son Normalmente distribuidas.

El teorema es un concepto clave en la teoría de la probabilidad porque implica que los métodos probabilísticos y estadísticos que funcionan para distribuciones normales

pueden ser aplicables a muchos problemas que involucran otros tipos de distribuciones (no normales).

Por ejemplo, suponga que se obtiene una muestra que contiene un gran número de observaciones, cada observación se genera aleatoriamente de una manera que no depende de los valores de las otras observaciones, y que se calcula la media aritmética (o promedio) de los valores observados.

Si este procedimiento se realiza muchas veces, el TCL dice que la distribución del promedio se aproximará estrechamente a una Distribución Normal.

El Teorema Central del Límite se puede definir del siguiente modo: sea $lobello_1, lobello_2 + \dots + lobello_n$, como la suma de “n” variables aleatorias, independientes e idénticamente distribuidas de una distribución con media (o promedio) \bar{X} y varianza distinta de cero ($\sigma^2 \neq 0$). Entonces, si “n” es suficientemente grande ($n \geq 30$), la variable aleatoria:

¹¹⁶ HODGES, A.: *Alan Turing: El enigma*. Londres, Burnett Books, 1983, pp. 87-88.

¹¹⁷ ZABELL, S. L.: *La simetría y sus descontentos: ensayos sobre la historia de la probabilidad inductiva*. Inglaterra, Prensa de la Universidad de Cambridge, 2005, p.199.

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n lobello_i = \frac{lobello_1 + lobello_2 + \dots + lobello_n}{n}$$

Ecuación [1]: De la media aritmética (o promedio) de la muestra. Elaboración propia.

$$\bar{X} = \frac{lobello_1 + lobello_2 + \dots + lobello_n}{n}$$

Ecuación [2]: Equivalencia de la media o promedio. Elaboración propia.

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n lobello_i = \bar{X}$$

Ecuación [3]: Representa la equivalente entre las ecuaciones [1] y [2]. Elaboración propia.

Una aclaración importante para los no-expertos en la materia es: no confundir moda, mediana y media aritmética (o promedio):

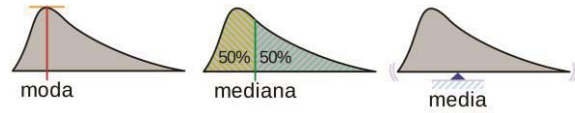


Gráfico 2: Tres (3) medidas de tendencia central: moda, mediana y media (o promedio).

Un ejemplo simple del Teorema Central del Límite es lanzar una gran cantidad de dados idénticos e imparciales. La distribución de la suma (o promedio) de los números obtenidos se aproximará bien a una Distribución Normal. Dado que las cantidades del mundo real son a menudo la suma equilibrada de muchos eventos aleatorios no observados, el Teorema Central del Límite también proporciona una explicación parcial de la prevalencia de la Distribución de probabilidad Normal. También justifica la aproximación de la estadística de muestras grandes a la Distribución Normal en experimentos controlados.

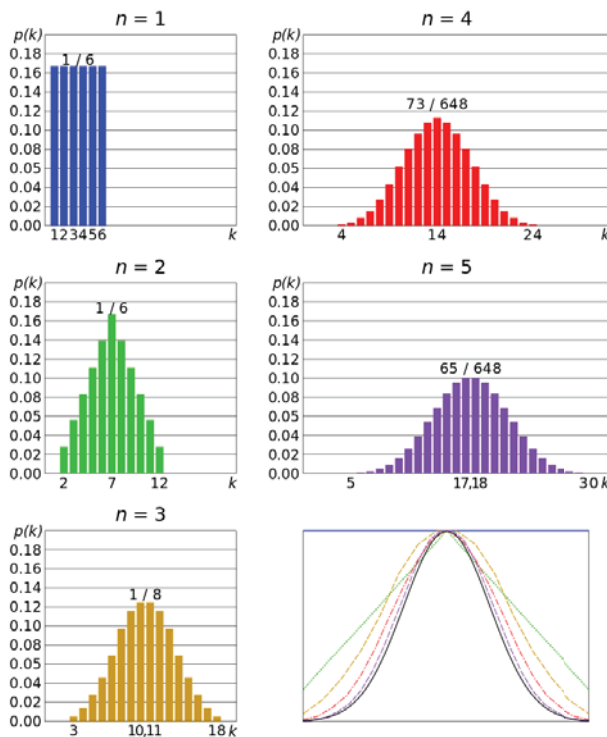


Gráfico 3: Comparación de funciones de densidad de probabilidad, $p(k)$ para la suma de “ n ” dados de seis (6) lados justos para mostrar su convergencia a una Distribución Normal con el aumento de “ n ”, de acuerdo con el Teorema Central del Límite.

En el gráfico inferior derecho, los perfiles suavizados de los gráficos anteriores se vuelven a escalar, se superponen y se comparan con una Distribución Normal, que se muestra en negro.

El Teorema Central del Límite establece que la distribución de un promedio de muchas variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas tiende hacia la famosa Distribución Normal en forma de campana con una función de densidad de probabilidad de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$f(\phi) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\text{lobello}-\bar{X}}{\sigma}\right)^2}$$

Ecuación [4]: Función de densidad de probabilidad. Elaboración propia.

Donde “ \bar{X} ” es la media o promedio de las variables aleatorias, “ σ ” equivale a la desviación estándar de su distribución, y “ n ” es el número de variables aleatorias. Por lo tanto, la desviación estándar es simplemente una variable de escala que ajusta la amplitud de la curva, aunque también aparece en la constante de normalización.

Sea $N(\bar{X}, \sigma^2)$ la función de densidad de la Distribución Normal, definida como la integral de la función de distribución gaussiana, cuya ecuación es:

$$\begin{aligned} \Phi_{\bar{X}, \sigma^2}(\text{lobello}) &= \\ &= \int_{-\infty}^{\text{lobello}} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(-\text{lobello}-\bar{X})^2}{2\sigma^2}} \cdot d\text{lobello} \\ &= 1, \quad \text{lobello} \in \mathbb{R} \end{aligned}$$

Ecuación [5]: Función de densidad de la Distribución Normal, definida como la integral de la función de distribución gaussiana. Elaboración propia.

Cuya función de error es:

$$\Phi_{\bar{X},\sigma^2}(\text{lobello}) = \frac{1}{2} \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{\text{lobello} - \bar{X}}{\sigma\sqrt{2}} \right) \right],$$

$\text{lobello} \in \mathbb{R}$

Ecuación [5]: Función error de la distribución gaussiana. Elaboración propia.

La Distribución Normal es simétrica respecto de la media y como consecuencia de dicha propiedad se realiza una estandarización de phi (ϕ) como:

$$\phi = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma\sqrt{n}}$$

Ecuación [6]: Estandarización de phi (ϕ) de *lobello*. Elaboración propia.

Así entonces definimos: Una muestra aleatoria simple de tamaño n de cualquier población de media μ y desviación típica σ . Cuando n es grande, la distribución de la media muestral \bar{X} se aproxima a la Distribución Normal $N(\mu, \sigma/\sqrt{n})$ con media μ y desviación típica σ/\sqrt{n} ¹¹⁸.

Siendo phi (ϕ) el estadígrafo de prueba, la media (\bar{X}), la media de la población hipotética (μ) y la cantidad de casos (n).

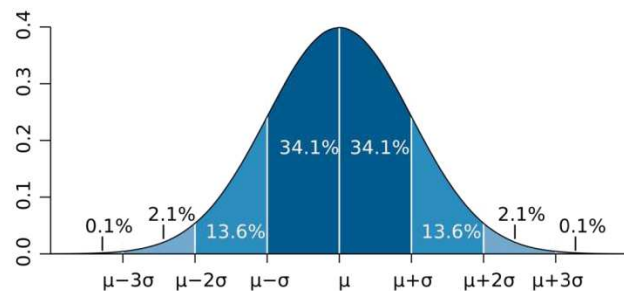


Gráfico 4: Una gráfica de la Distribución Normal (o curva en forma de campana, o curva de Gauss), donde cada banda tiene un ancho de una vez la desviación estándar (también llamada: regla 68-95-99).
Distribución de probabilidad alrededor de la media de una distribución $N(\mu, \sigma^2)$.

¹¹⁸ ALVARADO, H.; BATANERO, C.: "Significado del TCL en textos universitarios de probabilidad y estadística", *Estudios Pedagógicos*, XXXIV, N° 2, pp. 7-28. Granada, Universidad Católica de la Santísima Concepción, 2008, p. 6. Disponible en línea: https://www.researchgate.net/publication/49943904_SIGNIFICADO_DEL_TEOREMA_CENTRAL_DEL_LIMITE_EN_TEXTOS_UNIVERSITARIOS_DE_PROBABILIDAD_Y_ESTADISTICA [Fecha de consulta: 17/08/2019].

La función de distribución estándar es un caso especial de la función donde: $(\bar{X} = 0)$ y $(\sigma = 1)$. Como $N(\bar{X}; \sigma)$, entonces: $N(0,1)$. La ecuación adopta la siguiente forma de ecuación de función de densidad tipificada para una Distribución Normal Estándar (reducida):

$$\Phi_{0,1}(\text{lobello}) = \int_{-\infty}^{\text{lobello}} \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} e^{-\frac{\bar{X}^2}{2}} \cdot d\text{lobello} = 1,$$

$\text{lobello} \in \mathbb{R}$

Ecuación [7]: Función de densidad tipificada $f(\text{LoBello})$, para una Distribución Normal tipificada (o reducida) de LoBello . Elaboración propia.

Cuya función de error es:

$$\Phi_{0,1}(\text{lobello}) = \frac{1}{2} \left[1 + \text{erf} \left(\frac{\text{lobello}}{\sqrt{2}} \right) \right],$$

$\text{lobello} \in \mathbb{R}$

Ecuación [8]: Función error de la Distribución Normal Estándar. Elaboración propia.

A la Distribución Normal Estándar se le puede realizar una estandarización de phi (ϕ) como:

$$\phi = \frac{\text{lobello} - \bar{X}}{\sigma}$$

Ecuación [9]: Estandarización de la Distribución Normal tipificada. Elaboración propia.

En estadística y probabilidad, a la gráfica de la Distribución Normal, Distribución de Gauss (también conocida como distribución gaussiana) o Distribución de Laplace-Gauss, se la conoce como una función de densidad que tiene una forma acampanada y es simétrica respecto de un determinado parámetro estadístico. Quedando configurada como:

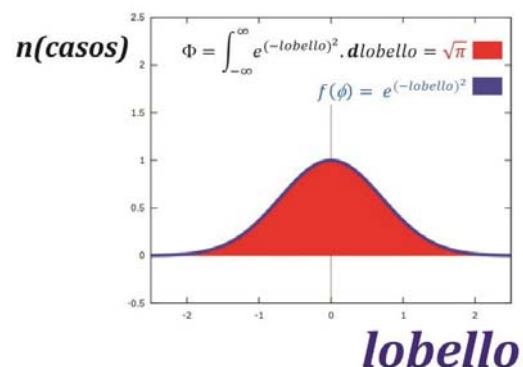


Gráfico 5: Rectificación de la integral de Gauss como: $\Phi = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\text{lobello}^2/2} \cdot d\text{lobello} = \sqrt{\pi}$ Ratificación de la función $y = f(\text{lobello})$, como: $f(\phi) = e^{-(\text{lobello})^2} = 1$. Elaboración propia.

No confundir la integral de la función de distribución gaussiana equivalente a uno (1), con la integral de Gauss equivalente a: $\sqrt{\pi}$. Dado que advertimos sobre un error humano involuntario en la publicación anterior de este trabajo¹¹⁹, cuando originalmente habíamos definido a la integral de Gauss como:

“Efectivamente podemos pensar en abstracto, la idea filosófica de la belleza, de un modo matemático como la Ecuación [...], tal que la función de densidad gaussiana o Teorema de De Moivre-Laplace este igualada al número entero uno (1).

$$\Phi(\infty) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{(-lobello)^2} \cdot dlobello = 1 \text{ (sic)}^{120}$$

Aquí radica el error, no debería decir uno (1), sino: $\sqrt{\pi}$. Este error teórico y conceptual provino de confundir la función par de lo bello:

phi (ϕ) de lo bello, equivalente a: $f(\phi) = e^{(-lobello)^2} = 1$, con el área encerrada bajo la curva, representada por la siguiente integral:

$$\Phi = \int_{-\infty}^{\infty} e^{(-lobello)^2} \cdot dlobello = \sqrt{\pi}.$$

De modo tal que “rectificamos” la integral de Gauss como:

$$\Phi = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-lobello^2/2} \cdot dlobello = \sqrt{\pi},$$

$lobello \in \mathbb{R}$

Ecuación [10]: Rectificación de la integral gaussiana de *lobello*. Elaboración propia.

En tanto “ratificamos” la función $y = f(lobello)$, como:

$$f(\phi) = e^{(-lobello)^2} = 1,$$

$lobello \in \mathbb{R}$

Ecuación [11]: Ratificación de la función *phi* (ϕ) de *lobello*. Elaboración propia.

¹¹⁹ ANDERSON, I, F.: “Teorema de Lo Bello: Aplicación estadístico-probabilística al concepto estético-filosófico de lo bello en el diseño industrial”, *ArtyHum Revista Digital de Artes y Humanidades*, N° 60, Vigo, 2019, pp. 55-79. Disponible en línea:

<https://www.artylum.com/revista/60/mobile/index.html#p=78> [Fecha de consulta: 17/08/2019].

¹²⁰ *Íbidem*, p. 77.

Por lo que en la práctica, para grafica utilizaremos la siguiente función de densidad de probabilidad:

$$f(\phi) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\text{lobello}-\bar{X}}{\sigma}\right)^2}$$

Ecuación [12]: Función de densidad de probabilidad. Elaboración propia.

Metodología.

La metodología interdisciplinaria para este estudio observacional (no-experimental) sobre una única variable cualitativa (obtenida a partir del Marco Teórico del arte, la estética y semiología), fue sometida a un análisis matemático; a partir de las herramientas estadístico-probabilísticas.

El problema fue obtener una medida matemática (numérica) para la variable cualitativa de *lobello*, a partir del grupo de personas estudiadas (muestra). Es decir, una medida matemática capaz de expresar cuantitativamente (una calificación numérica, entre un mínimo de uno y un máximo de diez) la subjetividad

que las unidades de análisis (los sujetos, individuos consumidores/usuarios de un objeto de diseño) atribuyen a los objetos/productos de diseño industrial. Ese grupo de medidas conforman los datos.

Los datos son los valores (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10) observados (medidos) asignados subjetivamente por los sujetos (muestra representativa) de unidades de análisis a la variable de *lobello*.

Los valores cuantitativos, capaces de expresar la medida de la subjetividad de la variable de *lobello* se procesaron matemáticamente con las herramientas estadístico-probabilísticas, como el software computacional.

Existen diversos programas estadísticos con particularidades especiales, como: *Infostat*, *RStudio*, *Minitab*, *Matlab*, etcétera. A los efectos prácticos aquí se trabajará con el software *Infostat*¹²¹.

¹²¹ <https://www.infostat.com.ar/>

Resultados obtenidos.

Desarrollo del caso de estudio n° 1.

Explicaremos la fórmula con un ejemplo. Supongamos que la mundialmente reconocida silla #14 de *Michael Thonet* fue sometida a un testeo sobre una muestra de 133 individuos (sujetos argentinos de una muestra representativa de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina, radio urbano) a quienes se les pidió que la calificaran del 1 al 10 (puntuación mínima uno: 1, puntuación máxima diez: 10) dicha silla (siendo uno su menor gusto estético y diez su mayor gusto estético). Los datos fueron anotados en una tabla y dieron el siguiente resultado: una media ($\bar{X} = 6.02$) y la desviación estándar o también llamada desviación típica es ($\sigma = 5.9$).



Gráfico 6: Silla Thonet # 14, un de las sillas más conocidas del mundo. La silla es el fruto de la amplia experimentación con alabeado de madera realizado a finales de la década de 1854.

La media o promedio (\bar{X}) y la desviación estándar o típica (σ) fueron obtenidos de la siguiente manera:

Calificaciones	Cantidad
1	2
2	5
3	11
4	14
5	21
6	25
7	22
8	16
9	10
10	7
Total	133

Tabla 1: Elaboración propia.

Si clasificamos en cinco (5) intervalos la muestra de 133 individuos. Pasamos las calificaciones (cuantitativas) a valores de variables (cualitativas) y obtenemos la siguiente tabla:

Valores de la variable	Intervalos	xi	fa	Fa*xi	Fa*(xi) ²
Malo	1-2	1.5	7	10.5	15.75
Regular	3-4	3.5	25	87.5	306.25
Bueno	5-6	5.5	46	253	1391.5
Muy Bueno	7-8	7.5	38	285	2137.5
Excelente	9-10	9.5	17	161.5	1534.25
Totales	-----	-----	133	797.5	5385.25

Tabla 2: Elaboración propia.

A partir de los totales de la tabla 2, obtenemos las siguientes ecuaciones:

$$\bar{X} = \frac{\sum fa \cdot xi}{\sum fa} = \frac{797.5}{133} = 5.996 = 6$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum fa \cdot (xi)^2}{\sum fa} - \bar{X}^2} = \sqrt{\frac{5385.25}{133} - 6^2} = \sqrt{34.49} = 5.87 = 5.9$$

Ecuaciones [13] y [14]: a partir de las cuales se calcularon la media muestral ($\bar{X}=6$) y la desviación estándar ($\sigma=5.9$) equivalente a una varianza de 34.49 ($\sigma^2=34.49$).
Elaboración propia.

Ahora, ante la pregunta: ¿qué porcentaje de casos (individuos o personas) puedo encontrar con puntuaciones del gusto entre 5 ($lobello_1 = 5$) y 6 ($lobello_2 = 6$)?

La solución del planteo de la probabilidad en forma de integral de *lobello* para este problema sería el siguiente integral de De Moivre-Laplace-Gauss:

$$P(5 \leq lobello \leq 6) = \int \frac{1}{5.9\sqrt{2\pi}} \cdot e^{\frac{(-lobello-6)^2}{2 \cdot 5.9^2}} \cdot dlobello$$

Ecuación [15]: Probabilidad en forma de integral de *lobello*.
Elaboración propia.

A continuación calculamos la Distribución Normal tipificada de *lobello*. Lo cual es relativamente más complejo de resolver analíticamente (que por métodos computacionales), si se hace por el método de cálculos y tabla. Por lo cual, llevando estos datos a una gráfica computacional –software InfoStat–, que nos arroja la *Probabilidad del evento* $P(\text{evento})=0.0676=6.76\%$.

Efectivamente, tal como se observa a continuación:

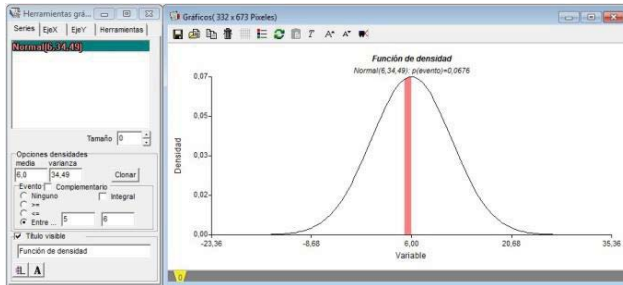


Gráfico 7: Gráfica por computadora –software *InfoStat*– de unción de densidad de la variable de *lobello* calculada a partir de la media ($\bar{X}=6$) y una desviación estándar ($\sigma=5,9$) equivalente a una varianza $\sigma^2 = 34.49$. Elaboración propia.

La respuesta a la pregunta: ¿qué porcentaje de casos (individuos o personas) puedo encontrar con puntuaciones del gusto entre 5 y 6 puntuaciones o calificaciones numéricas subjetivas (*lobello*), asignadas por los sujetos? La respuesta es: 6,76 % de individuos (casos) de la muestra.

Desarrollo del caso de estudio n° 2.

Supongamos ahora una muestra que se distribuye normalmente. Habiendo hecho las tablas anteriores del caso de estudio n° 2, y habiendo establecido previamente una tabla en donde los valores oscilan en una escala es de cero a cien puntos. Aplicando las

fórmulas [13] y [14], nos arroja los siguientes valores de la media y desviación típica o estándar (aclarando que no se muestran la tabla y dichas fórmulas del mismo modo que si se hizo en el caso de estudio n° 1).

Si los cálculos –no realizados aquí– nos arrojaron una media de ($\bar{X} = 52$), la desviación estándar o también llamada desviación típica ($\sigma=7.2$), siendo el tamaño de la muestra igual a 250 ($n=250$). Nos preguntamos: ¿qué porcentaje de casos (individuos o personas) puedo encontrar con puntuaciones del gusto entre 50 (*lobello*₁ = 50) y 59 (*lobello*₂ = 59)? Si la escala de puntuación es del cero (0) al cien (100).

La solución al planteo de la probabilidad en forma de integral de *lobello* para este problema sería el siguiente integral de Laplace-Gauss-Kant:

$$P(50 \leq \textit{lobello} \leq 59) = \int \frac{1}{7,2\sqrt{2\pi}} \cdot e^{\frac{(-\textit{lobello}-52)^2}{2*7,2}} \cdot d\textit{lobello}$$

Ecuación [16]: Probabilidad en forma de integral de *lobello*.
Elaboración propia.

A continuación calculamos la Distribución Normal tipificada de *lobello*. Lo cual es un poco más complejo de resolver analíticamente, esto se hace por el método de tabla. Necesitamos hacer dos veces la Tabla de puntaje de *lobello*(ϕ), del siguiente modo:

$$\phi = \frac{LoBello - \bar{X}}{\sigma}$$

Ecuación [17]: Estadístico *Phi* (ϕ) de *lobello* para la tabla Normal tipificada. Elaboración propia.

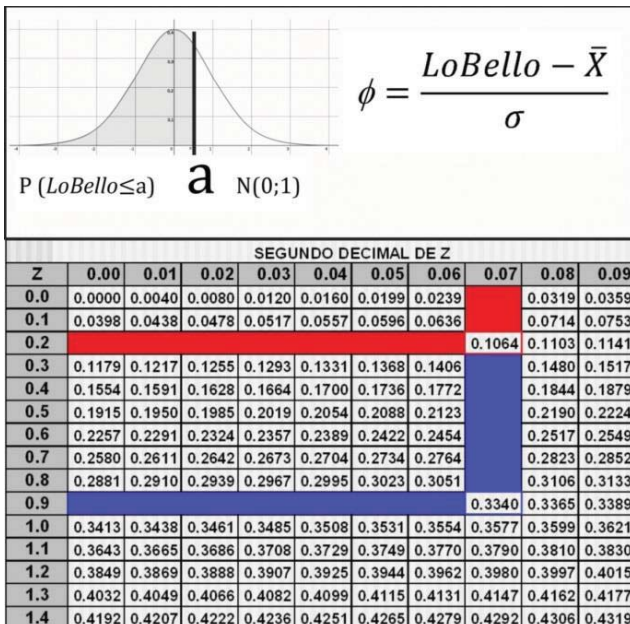


Gráfico 8: Tabla de Distribución Normal $N(0;1)$ estándar para el cálculo de *Phi* (ϕ) de *lobello*, test estadístico para una muestra. Utilizando la ecuación [17]. Elaboración propia.

A partir de la ecuación [17] y utilizando los valores de la tabla de gráfico [8], se realizan los siguientes cálculos que nos arrojan 44,68 %. Esa es la respuesta para la pregunta anteriormente formulada: ¿qué porcentaje de casos (individuos o personas) puedo encontrar con puntuaciones del gusto entre 50 ($lobello_1 = 50$) y 59 ($lobello_2 = 59$)? Respuesta: 44.68 %.

A partir de la ecuación [17], se realizan los siguientes cálculos:

$$\phi_1 = \frac{50 - 52}{7.2}, \quad \phi_2 = \frac{59 - 52}{7.2}$$

$$\phi_1 = -0.277, \quad \phi_2 = 0.972$$

Datos obtenidos de la tabla [3]:

$$\phi_1 = 0.1064 \phi_2 = 0.3340$$

Datos obtenidos convertidos en %: a $\phi_1 = 10.64\%$ $\phi_2 = 33.40\%$

$$\phi_1 + \phi_2 = 10.64\% + 33.40\% = 44.68\%$$

Un método más rápido y que no requiere cálculos por tablas, es por computadora utilizando software (InfoStat), veamos:

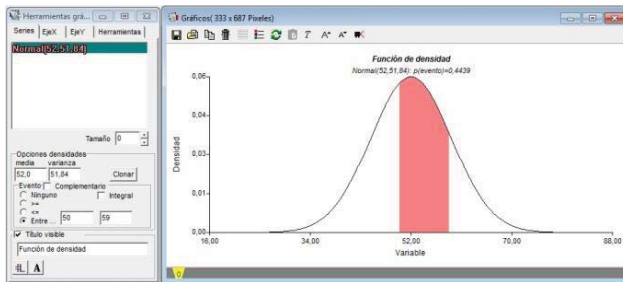


Gráfico 9: Gráfica por computadora de función de densidad de la variable de lobello calculada a partir de la media ($\bar{X} = 52$) y una desviación estándar ($\sigma=7.2$) equivalente a una varianza= $34,81$. Elaboración propia.

Arroja la Probabilidad del evento $P(\text{evento})=0.4439=44.39\%$ (el mismo valor anteriormente calculado por el método analítico por Tabla). Evidentemente este método es más rápido y nos evita la utilización de complejas tablas y cálculos.

Conclusiones.

¿Estamos en condiciones de afirmar el Teorema de lo Bello y generalizar la abstracción de la ecuación para ser aplicada a distintas situaciones problemáticas?

La respuesta es afirmativa, si consideramos que uno de los resultados más importantes de la teoría estadístico-probabilística, describe que las medias muestrales se distribuyen de

forma aproximadamente Normal, cualquiera sea la forma de la distribución de los datos individuales obtenidos de los sujetos.

Como conclusión central (tesis) se afirma que: la media muestral de phi (ϕ) de lobello tendrá una distribución aproximadamente Normal siempre que la muestra (n) de sujetos sea lo suficientemente grande ($n \geq 30$).

De modo tal que afirmamos que la integral De Moivre-Laplace-Gauss de lobello como:

$$\Phi = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-lobello^2/2} \cdot dlobello = \sqrt{\pi},$$

$$lobello \in \mathbb{R}$$

Ecuación [10]: Rectificación de la integral gaussiana de lobello. Elaboración propia.

En tanto la función $y = f(lobello)$, como:

$$f(\phi) = e^{(-lobello)^2} = 1,$$

$$lobello \in \mathbb{R}$$

Ecuación [11]: Ratificación de la función phi (ϕ) de lobello. Elaboración propia.

Por lo que en la práctica, para graficar se utilizó la siguiente función de densidad de probabilidad:

$$f(\phi) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\text{lobello}-\bar{X}}{\sigma}\right)^2}$$

Ecuación [12]: Función de densidad de probabilidad de *lobello*.
Elaboración propia.

Para terminar con una analogía hegeliana, de la tesis sobre la belleza (filosofía del arte, estética y semiología) y de su antítesis (ecuaciones matemáticas, estadísticas y probabilísticas) podemos afirmar que el concepto de phi de *lobello* representa su síntesis.

Afirmando, que si todos los estudiosos de las Ciencias Exactas –como los físicos y matemáticos– estudiaran el arte en profundidad, del mismo modo que si todos los estudiosos de las Ciencias Sociales –como los filósofos, sociólogos, antropólogos y semiólogos– estudiaran matemática en general (o cálculo de probabilidades y estadística en particular).

El conocimiento, desde una concepción epistemológica profunda, sería más científico.

Así la ciencia sería más rica e interdisciplinaria, debería ayudar a comprender mejor un mundo complejo que no se puede explicar a sí mismo, menos aún si dicha mirada epistemológica es unidimensional.

En efecto, los conceptos teóricos de la estética y el arte, y sus definiciones sobre la belleza, como una definición compleja proveniente de campos teóricos puros de las Ciencias Sociales (principalmente de la filosofía), se ha agotado en sí mismo. Parafraseando a Nietzsche o interpeándolo: ¿el estudio de la belleza, desde una teoría puramente filosófica, ha muerto?

Ceteris paribus: ¿la matemática como herramienta del estudio de la belleza está naciendo en forma de probabilidad y estadística?

Responder esta pregunta, de ningún modo debe significar caer en un nuevo dogma cuasi-científico. La respuesta, tampoco pretende ser una verdad cerrada, sino una pregunta abierta.

Recordando que el mismo expresa un esfuerzo por vincular la matemática (Ciencia Exacta) con la teoría del arte, la estética y el diseño industrial o gráfico (Ciencia Social).



BIBLIOGRAFÍA.

- BEHAR GUTIÉRREZ, R.; GRIMA CINTAS, P.: *55 respuestas a dudas típicas de Estadística*. Madrid, Ediciones Díaz de Santos S.A., 2004.
- BERNSTEIN, S. N.: “Sobre el trabajo de PL Chebyshev en la teoría de la probabilidad”. En BERNSTEIN, S. N. (Ed.): *Nauchnoe Nasledie PL Chebysheva. Vypusk Pervyi: Matematika [traducido del ruso: El legado científico de PL Chebyshev. Parte I: Matemáticas]*. Moscú y Leningrado. Academiya Nauk SSSR, 1945, s/p.
- FELLER, W.:
- (1968): *Introducción a la teoría de la probabilidad y sus aplicaciones*. Vol. 1, 3ra Ed. Nueva York, Wiley.
- (1971): *Introducción a la teoría de la probabilidad y sus aplicaciones*. Vol. 2, 3ra Ed. Nueva York, Wiley.
- FISCHER, H.: *Una historia del Teorema Central del Límite: de la teoría de la probabilidad clásica a la moderna. Fuentes y estudios en la historia de las matemáticas y las ciencias físicas*. Nueva York, Springer, 2011.
- GALTON, F.: *Herencia natural*. Londres, Macmillan & Co., 1889.
- GÓMEZ VILLEGAS, M. A.: *Inferencia Estadística*. Madrid, Díaz de Santos, 2005.
- GNEDENKO, B. V.; KOLMOGOROV, A. N.: *Límite de las distribuciones para sumas de variables aleatorias independientes*. Cambridge, Addison-Wesley, 1954.
- HENK, T.: *Comprensión de la probabilidad: reglas de azar en la vida cotidiana*. Cambridge, Cambridge University Press, 2004, p. 169.
- HODGES, A.: *Alan Turing: El enigma*. Londres, Burnett Books, 1983.
- KRAITCHIK, M.: “La curva de error”. En *Recreaciones matemáticas*. Nueva York, W. W. Norton, 1942, pp. 121-123.
- PAPOULIS, A.: *Probabilidad, variables aleatorias y procesos estocásticos*. 2da. Ed. Nueva York, McGraw-Hill, 1984.
- PATEL, J. K.; READ, C. B.: *Manual de la distribución normal*. Nueva York, Dekker, 1982.
- PETROV, V. V.: *Sumas de variables aleatorias independientes*. Nueva York-Heidelberg, Springer-Verlag, 1976.
- PÓLYA, G.: “Über den zentralen Grenzwertsatz der Wahrscheinlichkeitsrechnung und das Momentenproblem” [traducido del alemán: *Sobre el Teorema Central del Límite del cálculo de probabilidad y el problema del momento*]. *Mathematische Zeitschrift*. Alemania, S/E., 1920, pp. 171-181.
- STEINHAUS, H.: *Instantáneas matemáticas*. 3ra. Ed. Nueva York, Dover, 1999.
- SPIEGEL, M. R.: *Teoría y problemas de probabilidad y estadística*. Nueva York, McGraw-Hill, 1992.
- STAHL, S.: “La evolución de la distribución normal”, *Comunicaciones en estadística*, Vol. 1, N° 1, Colombia, Universidad Santo Tomás, 2008, p. 20.

VAN DER VAART, A. W.: *Estadísticas asintóticas*. Nueva York, Cambridge University Press, 1998.

WHITTAKER, E. T.; ROBINSON, G.: “Distribución de frecuencia normal”. En *El cálculo de las observaciones: un tratado sobre matemáticas numéricas*, 4ta. Ed. Nueva York, Dover, 1967.

WOLFRAM, S.: “Un Nuevo tipo de ciencia”. *Wolfram Media, Inc.*, 2002, p. 977.

WEBGRAFÍA.

ANDERSON, I. F.: “Integral de lo-bello. Introducción al cálculo del flujo la belleza”, *VIII Jornadas de Investigación en Disciplinas Artísticas y Proyectuales (JIDAP)*, FBA-UNLP, La Plata, Secretaría de Ciencia y Técnica (SCyT), Facultad de Bellas Artes (FBA), Universidad Nacional de La Plata (UNLP), 2016. Disponible en línea:

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/57343/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[Fecha de consulta: 17/08/2019].

ANDERSON, I. F.: “Chi-cuadrado de lo-bello (parte II)”, *VIII Jornadas de Investigación en Disciplinas Artísticas y proyectuales (JIDAP)*, FBA-UNLP, La Plata, SCyT-FBA-UNLP, 2016. Disponible en línea:

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/57344/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[Fecha de consulta: 17/08/2019].

ANDERSON, I. F.: “Teorema de *Lo Bello*: Aplicación estadístico-probabilística al concepto estético-filosófico de lo bello en el diseño industrial”, *ArtyHum Revista Digital de Artes y Humanidades*, N° 60, Vigo, Mayo 2019, pp. 55-79. Disponible en línea:

<https://www.artylum.com/revista/60/mobile/index.html#p=78>

[Fecha de consulta: 17/08/2019].

ALVARADO, H.; BATANERO, C.: “Significado del TCL en textos universitarios de probabilidad y estadística”, *Estudios Pedagógicos*, XXXIV, N° 2, pp. 7-28. Disponible en línea:

https://www.researchgate.net/publication/49943904_SIGNIFICADO_DEL_TEOREMA_CENTRAL_DEL_LIMITE_EN_TEXTOS_UNIVERSITARIOS_DE_PROBABILIDAD_Y_ESTADISTICA [Fecha de consulta: 17/08/2019].

GÓMEZ VILLEGAS, M. A.: “Karl Pearson, el creador de la Estadística Matemática”. En BASULTO, J.; GARCÍA, J. J. (Eds.): *Historia de la probabilidad y la Estadística IV*. Huelva, Servicio de publicaciones de la Universidad de Huelva, 2009, pp. 351-356. Disponible en línea:

<http://estadisticamigable.blogspot.com/2013/10/karl-pearson-el-creador-de-la.html>

[Fecha de consulta: 17/08/2019].

PEARSON, K.; LEE, A. .: “Sobre las leyes de Herencia en el hombre: I. Herencia de lo físico Caracteres”, *Biometrika*, Vol. 2, N° 4, Inglaterra, Cambridge University Press, 1903, pp. 357-462. Disponible en línea:

<https://doi.org/10.1093/biomet/2.4.357>

[Fecha de consulta: 01/10/2019].



SÁNCHEZ IBARBO, L. F.: *Análisis Histórico epistemológico sobre el surgimiento de la Distribución Normal*. Colombia, Instituto de Educación y Pedagogía, Área de educación Matemática, 2016. Disponible en línea: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/13215/1/0555841.pdf>
[Fecha de consulta: 17/08/2019].

Láminas.

Portada.

Composición de elaboración propia, con fórmulas (ecuaciones) e imágenes procesadas en software CorelDraw, a partir de imágenes disponibles en la web, de Abraham De Moivre, Pierre-Simon Laplace y Carl Friedrich Gauss:

https://es.wikipedia.org/wiki/Abraham_de_Moivre#/media/Archivo:Abraham_de_moivre.jpg

<https://ar.pinterest.com/pin/507569820496019093/?lp=true>

<https://ar.pinterest.com/pin/601089881494572506/?lp=true>

Lámina 2.

Moda, mediana y media:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Moda_\(estadística\)#/media/Archivo:Visualisation_mode_median_mean.svg](https://es.wikipedia.org/wiki/Moda_(estadística)#/media/Archivo:Visualisation_mode_median_mean.svg)

Lámina 3.

Comparación de funciones de densidad de probabilidad, $p(k)$ para la suma de “n” dados de seis (6) lados justos para mostrar su convergencia a una Distribución Normal con el aumento de “n”, de acuerdo con el Teorema Central del Límite. En el gráfico inferior derecho, los perfiles suavizados de los gráficos anteriores se vuelven a escalar, se superponen y se comparan con una Distribución Normal, que se muestra en negro:

https://en.wikipedia.org/wiki/Central_limit_theorem#/media/File:Dice_sum_central_limit_theorem.svg

Lámina 4.

Una gráfica de la Distribución Normal (o curva en forma de campana, o curva de Gauss), donde cada banda tiene un ancho de una vez la desviación estándar (también llamada: regla 68-95-99):

https://es.wikipedia.org/wiki/Desviación_estándar#/media/Archivo:Standard_deviation_diagram.svg

Lámina 5.

Rectificación de la integral de Gauss como: $\Phi = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2/2} \cdot dx = \sqrt{\pi}$ Ratificación de la función $y = f(x)$, como: $f(x) = e^{-x^2/2} = 1$. Elaboración propia en CorelDraw a partir de la imagen disponible en la web:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Integral_de_Gauss#/media/Archivo:E^\(-x^2\).svg](https://es.wikipedia.org/wiki/Integral_de_Gauss#/media/Archivo:E^(-x^2).svg)

Lámina 6.

Silla Thonet # 14, un de las sillas más conocidas del mundo, imagen disponible en la web:

https://es.wikipedia.org/wiki/Silla_n.%C2%BA_14#/media/Archivo:Michael_Thonet_14.jpg

Lámina 7.

Gráfica por computadora –software Infostat– de unción de densidad de la variable de *LoBello*.

Elaboración propia.

Lámina 8.

Tabla de Distribución Normal $N(0;1)$ estándar para el cálculo de *Phi* (ϕ) de *lobello*, test estadístico para una muestra. Elaboración propia, a partir de la Tabla de Distribución Normal disponible en la web:

<https://www.salamarkesa.com/distribucion-normal-tabla-definicion-problemas-tipificada-ejercicios-resueltos/>

<https://laotrasedra.wordpress.com/2013/02/07/Tabla-de-distribucion-normal-estandar/>

Lámina 9.

Gráfica por computadora de función de densidad de la variable de *LoBello* calculada a partir de la media ($\bar{X} = 52$) y una desviación estándar ($\sigma=7.2$) equivalente a una varianza=34,81. Elaboración propia.

**Portada: Composición de elaboración propia, con fórmulas (ecuaciones) e imágenes procesadas en software CorelDraw, a partir de imágenes disponibles en la web, de Abraham De Moivre, Pierre-Simon Laplace y Carl Friedrich Gauss. Pretende representar la idea de una nueva ciencia que aborde el concepto teórico de la belleza particular, concreta y material en la que los objetos, artefactos y productos del diseño artesanal e industrial influyen sobre el gusto estético de las personas o individuos (casos).*