Implementación de número de Fibonacci en la estandarización de los proyectos de construcción

Demetrio Manuel Roa Perdomo

Notas del autor

Demetrio Manuel Roa Perdomo, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León

Esta investigación ha sido financiada por el propio alumno

La correspondencia relacionada con esta investigación debe ser dirigida a Demetrio Roa

Universidad Autónoma de Nuevo León, Pedro de Alba S/N, Niños Héroes, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L.

Contacto: demetrio.roap@uanl.edu.mx

Implementación de número de Fibonacci en la estandarización de los proyectos de construcción

En este mundo actual, donde todo se puede hacer a través de una computadora o incluso el celular, gracias al rápido desarrollo de estos, no es difícil imaginarse un futuro cercano donde la creación de casas y en general cualquier tipo de construcción se pueda hacer sin la necesidad de un arquitecto, solo una computadora o incluso solo un teléfono, a través de programas que analicen imágenes de un terreno proporcionado por un usuario, y que este mismo sea capaz de crear una estructura con nada más que su imaginación, y claro está, un programa capaz de determinar las estructuras que serán precisas para lograr que esta visión se vuelva una realidad, sin embargo, mi proyecto no se enfoca en esto por la falta de conocimiento en esta área, sin embargo quiero ir un paso delante de esta realidad, y proponer una manera en la que se podría lograr la adquisición de los materiales necesarios para cualquier tipo de construcción, así como las distintas maneras en que esto optimizaría y beneficiaria a la empresa.

Actualmente en México y en el mundo, los proyectos de construcción, así como sus regulaciones y si estas son o no aprobadas, dependen enteramente de los gobiernos locales, así como de los distintos criterios que se consideren apropiados y seguros para ese lugar, por lo que al momento de crear una empresa que se especialice en la manufactura de productos destinados para la construcción, es difícil, de crear un estándar para las construcciones de todo tipo, ya que al final será decisión de un comprador, elegir entre las distintas cosas ofrecidas en un mercado, la que mejor se adapte a su necesidad, sin embargo, he modelado una propuesta que no solo ayudaría a generar una empresa que podría llegar a nivel internacional si se hace de manera correcta, si no que llegaría a estandarizar el proceso de construcción a nivel mundial, con la estrategia de venta correcta.

Introducción a los Números de Fibonacci

A finales del siglo XII, nace en Pisa, Italia, Leonardo de Pisa (1170 a 1250), conocido como Fibonacci, apodo que le dieron de manera póstuma y que significa hijo de Bonacci, Leonardo es educado por un árabe quien lo pone en primer contacto con lo que se convertiría en una de las mayores aportaciones de los árabes al mundo occidental: nuestro actual sistema de numeración posicional.

En 1202, después de numerosos viajes, escribió uno de los textos más famosos de la época el *Liber Abaci*. En este libro, mostró la importancia del nuevo sistema de numeración aplicándolo a la contabilidad comercial, conversión de pesos y medidas, cálculo de intereses, cambio de moneda y otras numerosas aplicaciones. En estas páginas describe el cero, la notación posicional, la descomposición en factores primos y los criterios de divisibilidad.

Sin embargo, Fibonacci es más conocido entre los matemáticos por una curiosa sucesión de números: 0; 1; 1; 2; 3, 5; 8; 13; 21; 34; 55; 89.... la que colocó en el margen de su *Liber Abaci* junto al conocido «problema de los conejos» que más que un problema parece un acertijo de matemáticas recreativas. El problema en lenguaje actual diría: «Suponiendo que una pareja de conejos cría otra pareja cada mes, y que los conejos son fértiles a partir del segundo mes, ¿cuántos conejos se pueden tener al cabo de un año?». Con la cual se va generando la sucesión de números que actualmente conocemos como los números de Fibonacci, siendo estos de manera resumida:

$$u_0 = 0,\ u_1 = 1,\ u_2 = 1,\ u_3 = 2,\ u_4 = 3,\ u_5 = 5,\ u_6 = 8\ \ldots$$

Generando la regla que dice así:

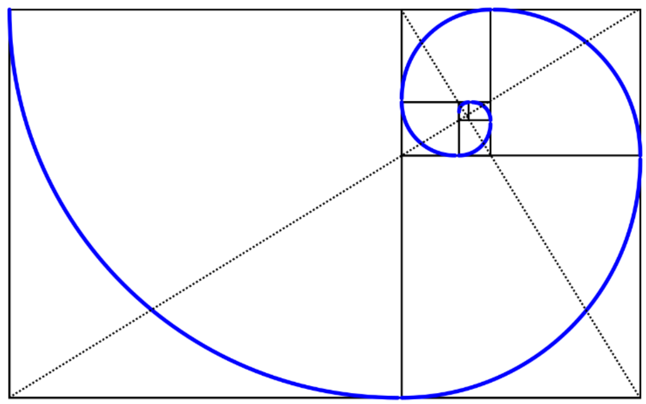
$$x_n = x_{n-1} + x_{n-2}$$

donde: x_n es el término en posición "n" x_{n-1} es el término anterior (n−1) x_{n-2} es el anterior a ese (n−2)

Espiral áurea (espiral dorada)

Si sumamos los cuadrados de cualquier serie de los números de Fibonacci, van a igua-lar el último número de Fibonacci usado en la serie por el siguiente número de Fibonac-ci. Esta propiedad se ve en la espiral dorada, que se encuentra en la concha del molusco Nautilus así como en las galaxias. Expresado en forma matemática se tiene:

$$1^2 + 1^2 + 2^2 + 3^2 + 5^2 +. . . + [F(n)]^2 = F(n) \times F(n+1)$$



Mi Propuesta

Es esta propiedad presente en la espiral dorada, la cual ha generado mi idea base para mi proyecto, ya que, si se generara una empresa de manufactura de materiales para la construcción, bajo la mentalidad, de solo crear materiales, que sigan una secuencia similar a la presente en la espiral aurea, entonces no habría necesidad de generar medidas extrañas para los materiales, solo aquellas que sigan esta secuencia definida. Por lo que sería mucho más fácil estandarizar no solo las medidas de los materiales que se venden.

Aunado a esto, podríamos automatizar la venta de estos materiales, de manera que se minimice la cantidad de materiales de mas o menos adquiridos por un determinado cliente a través de programas existentes.

Modelado del Problema

Imaginarse una casa, toda casa va a tener x, y, z medidas largo, ancho o alto, para cada uno de sus muros, por lo que requiere de cálculos que varían de construcción a construcción para estimar la cantidad de materiales necesarios, llevando siempre a la necesidad de comprar de más o menos, situación no muy efectiva en mi opinión pero que puede ser optimizado.

La pregunta que yo propondría sería, ¿cómo podemos optimizar la compra y venta de materiales para la construcción de cualquier tipo de proyecto, utilizando una bien estructurada oferta de productos basada en la naturaleza de los números de Fibonacci?

Situación

Para solucionar el problema anterior voy a crear una empresa que de ahora en adelante llamaremos Bricks Industry, la cual quiere aumentar sus ventas, facilitándole a sus clientes la compra de materiales, dándoles la opción a los mismos de que ellos les darán la cantidad exacta de materiales necesarios para su construcción, con tan solo serles proporcionados los planos de la casa.

Bricks Industry puede hacer algo tan simple como usar una interfaz gráfica para poder modelar las medidas dadas por cada cliente, y así determinar, con información tan básica como lo son la longitud, anchura y altura deseada de cada pared, valores como el área superficial, el volumen, o incluso la diagonal espacial, esto bajo situaciones ideales claro está. Sin embargo, yo he encontrado un código que le permite a Pyhton obtener estos valores, no es gráfico, pero solo va para demostrar la facilidad y vialidad de esto, la cual anexaré al final del proyecto.

Con estos datos arrojados y con los datos originales, en conjunto generan una buena base de datos para determinar cantidad de materiales necesarios para una construcción de cualquier tipo, ya que con el valor de área superficial, podemos obtener un aproximado de la cantidad de pintura necesaria, o con la diagonal espacial podríamos obtener la medida de una viga que por alguna situación necesita ir diagonalmente, e incluso si estamos haciendo una casa al estilo americano, y queremos aislar las paredes, con el volumen podemos obtener cuanto aislante va a ser necesario para llenar las paredes.

Para profundizar más en esta idea me voy a enfocar de aquí en adelante en un pequeño elemento, que es esencial para las construcciones de todo tipo aquí en México, los ladrillos, materiales que se usan como estándar en casi cualquier construcción en el país.

Y especifico que solo ladrillos ya que son un material que compone gran parte de la estructura de una casa, es fácil de cuantificar la cantidad de estos usados, y para los propósitos de este proyecto quedan perfecto como demostraré adelante.

Mi idea es que estandarizando las medidas de los ladrillos de manera que se generen una serie de ladrillos de 1,3,5,8,13 y 21 cm y dm, para las aristas de las caras cuadradas, por longitudes de 1, 3, 5, 8, 13 y 21 cm, dm y m, procurando siempre que estos solo ténganlas formas geométricas de prismas cuadrangulares y cubos, permitirán que no sea necesario en ninguna situación que un ladrillo se corte para que quepa en un espacio, siempre habrá uno que quepa perfectamente, haciendo posible la creación de un algoritmo que en base a esa base de datos bien establecida, genere la cantidad exacta de ladrillos necesarios, así como optimice la selección de estos, de manera que se puedan adquirir la menor cantidad de estos posible y aun así tener suficientes para las medidas de cualquier construcción.

Esto lo podemos interpretar como:

Lista 1 = medidas de aristas en cara cuadrada

{1cm, 2cm, 3cm, 5cm, 8cm, 13cm, 21cm, 1dm, 2dm, 3dm, 5dm, 8dm, 13dm, 21dm}

Lista 2 = longitudes posibles para cada ladrillo

{1cm, 2cm 3cm, 5cm, 8cm, 13cm, 21cm, 1dm, 2dm, 3dm, 5dm, 8dm, 13dm, 21dm, 1m, 2m, 3m, 5m, 8m, 13m, 21m}

Diseño de la solución propuesta

Y el método que usaría para analizar la cantidad y tamaño ideal de ladrillos sería el siguiente:

1. Analizar longitud de pared y ver cual es el valor de la lista 2 que esta más cercano a la medida deseada sin pasarse

$$x \leq \text{longitud} \wedge x \in \text{Lista } 2$$

2. De haber sobrado una cierta medida en la longitud repetir paso 1 y posteriormente el 2 hasta que no falte nada, en esa situación pasar al paso 3

$$x < \text{longitud} \wedge x \in \text{Lista } 2 \Rightarrow y \leq (\text{longitud} - x) \wedge y \in \text{Lista } 2 \wedge y < x$$

3. Pasar a analizar la anchura de manera similar a como se hizo con la longitud, el valor mas cercano sin que rebase el valor de anchura

$$u \leq \text{anchura} \wedge u \in \text{Lista } 2$$

4. Igual que en paso 2, solo que para achura esta vez, de sobrar cierta cantidad de anchura repetir el paso 2, y posteriormente el 4 hasta que no falte nada, en esa situación pasar al paso 5

$$u < \text{anchura} \wedge u \in \text{Lista } 2 \Rightarrow w \leq (\text{longitud} - u) \wedge w \in \text{Lista } 2 \wedge w < u$$

5. Dividir el valor de la anchura de ladrillo entre el valor de la altura, y redondear el valor hacia abajo, para obtener la cantidad de ladrillos de ese determinado tipo necesarios para esa pared con esa longitud exacta, repetir esto con cada uno de los valores de anchura.

$$\lfloor \text{altura} / u \rfloor = n$$

$$\lfloor \text{altura} / w \rfloor = m$$

6. Multiplicar cantidad de ladrillos obtenido individualmente en paso 5, por el número de distintos tipos de longitudes con esa determinada anchura fueron determinados iban a ser necesarios. Repetir este paso con cada tipo de anchura que fue determinada como necesaria para completar ancho de pared

$$n * \text{distintos tipos de longitudes con esa anchura} = a$$

$$m * \text{distintos tipos de longitudes con esa anchura} = b$$

7. Repetir pasos 5 y 6 hasta llenar altura

$$n < \text{altura} \wedge n \in \text{Lista } 2 \Rightarrow p \leq (\text{longitud} - n) \wedge p \in \text{Lista } 1 \wedge p < n$$

8. Si se da el caso en que altura es menor que anchura, tratar el paso 5 y 6 con el valor de anchura anterior hasta que se obtenga un valor de al menos 1 en el paso 5.

$$0 < m < 1 \Rightarrow u_n \rightarrow u_{n-1} \Rightarrow 1 \leq m$$

9. Sumar valores obtenidos en paso 6 para obtener cantidad total de ladrillos, o ir contabilizando los tipos específicos de ladrillos utilizados para tener el tipo especifico y cantidad necesaria de cada uno de estos

$$a + b = \text{número total de ladrillos}$$

$$\{a,b\} = \text{tipos de ladrillos distintos necesarios}$$

Implementación

Con el propósito de demostrar mi proceso consideraremos que tenemos una pared de 12m de largo, 0.2 m de ancho y 4m de alto.

1.

El valor más cercano a 12m sin que se pase es 8m

2.

-Al haber seleccionado 8m de largo, sobraron 4m de largo, y el siguiente valor que vamos a tener que seleccionar es el 3m

-Al haber seleccionado 3m de largo, sobró 1m de largo, y el siguiente valor que vamos a tener que seleccionar es el de 1m

-así completando la longitud, después de haber seleccionado 3 longitudes distintas que en conjunto dan 12m = 8m + 3m + 1m

3.

Tenemos anchura de 0.20m o 2dm, por lo que el valor más cercano es el de 2dm

4.

No es necesario así que pasamos a paso 5

5.

Como la altura es de 4m, y la anchura esta en dm, pasamos, la primera a dm, dándonos 40dm, y así permitiendo la operación de 40/2 la cual dará exactamente 20, y como solo hay un tipo de anchura pasamos a paso 6

6.

Como en el paso 5 determinamos que iban a necesitarse 20 ladrillos de una anchura de 2dm, y en el paso 2 se determinó que íbamos a necesitar 3 largos distintos de ladrillos (8m, 3m y 1m), multiplicamos este 20 por 3, dándonos la cantidad de 60 ladrillos

7.

No fue necesario ya que altura si fue mayor que anchura, y se completo exactamente desde un inicio

8.

En base al paso 6 podemos notar que lo que vamos a utilizar son 20 ladrillos de largos variantes de 8m, 3m, y 1m, pero todos con una medida de arista de 2dm en sus caras cuadradas.

Siendo esto:

- 20 ladrillos de = 2dm de ancho * 2dm de alto * 8m de largo

-20 ladrillos de = 2dm de ancho * 2dm de alto * 3m de largo

-20 ladrillos de = 2dm de ancho * 2dm de alto * 1m de largo

Comprobación

Podemos ver esto comprobado calculando volumen de pared en metros cúbicos, y comparando esto con las medidas en metros cúbicos de la suma de todos los ladrillos seleccionados:

Método considerando tipo de ladrillos y sus medidas

- 20 ladrillos de = .2m de ancho * .2m de alto * 8m de largo → 20 ($0.32m^3$) → $6.4m^3$

-20 ladrillos de = .2m de ancho * .2m de alto * 3m de largo → 20 ($0.12m^3$) → $2.4m^3$

-20 ladrillos de = .2m de ancho * .2m de alto * 1m de largo → 20 ($0.04m^3$) → $0.8m^3$

$V_T = 6.4m^3 + 2.4m^3 + 0.8m^3 = 9.6m^3$

Método que solo toma en cuenta medidas originales

$$V_T = (12m) * (0.2m) * (4m) = 9.6m^3$$

Como podemos observar los volúmenes son iguales llevando a la conclusión de que los ladrillos llenan perfectamente el espacio deseado.

Método Python

Como se puede ver en los resultados obtenidos con el programa de Python, también hemos coincidido con los volúmenes que obtuvimos con nuestros cálculos, así haciendo todo el proceso aún más sólido.

Instancia con Datos Verdaderos

Según Simone Homes, en promedio, una casa de una sola planta usa aprox. 8000 ladrillos. Esto es asumiendo que:

-La casa mide alrededor de 200m2.

-Chapa de ladrillo completo

-Altura del techo de 2450 mm

A su vez mencionan como por lo general, se necesitan 4 albañiles, y alrededor de 5 días para completar el trabajo de albañilería de una casa de una sola planta.

Bueno, con el modelo que yo propongo de optimizar tanto la manera en que se calcula la cantidad de materiales que se van a utilizar, así como los materiales en sí, con mi principal enfoque siendo los ladrillos, el trabajo que usualmente requiere de varios albañiles varios días, podría ser optimizado a llegar a hacerse en un solo día, por un solo albañil, gracias a que se está optimizando para usar una menor cantidad de ladrillos, al maximizar las medidas de estos que estaríamos usando en la construcción.

A su vez es importante mencionar que así se estaría limitando la cantidad de materiales adquiridos a un nivel en donde solo se compraran lo que se necesita y no lo que se estima se va a necesitar. Haciendo de esta manera que los costos de los proyectos de construcción disminuyan tanto por mano de obra, como por el costo de los materiales.

Evaluación

Al analizar mi propuesta, es importante notar que a pesar de no parecer muy innovadora la idea de aplicar programas de computadora, así como cálculos diversos en la aproximación de los materiales necesarios para construcciones, es realmente la aplicación de los números de Fibonacci, lo que realmente consideró de mayor relevancia para mi proyecto, ya que con las medidas que he propuesto para los distintos ladrillos, no solo se minimiza la cantidad de estos a utilizar, sino que también maximiza la velocidad de tiempo de construcción.

A su vez, es muy claro para mí, que mi método podrá no ser el mas eficiente, sin embargo, aquí es mi propio conocimiento, o mas bien la falta de este, el que me esta limitando a hacer los cálculos y distintos análisis a mano, ya que debido a que nunca he logrado dominar muy bien ningún lenguaje de programación, esto me ha limitado en lo que he podido y lo que no he podido hacer con estos, he tratado de implementar el método que he descrito en Python, sin embargo, esto ha sido con resultados que realmente no valen la pena compartir, sin embargo me imagino que alguien con un mejor dominio de algún leguaje de programación, ciertamente puede hacer que mi serie de pasos se vuelva un programa en el que solo con las distancias deseadas de altura, anchura y largo, así como con los criterios que he descrito previamente, se logre obtener los mismos resultados optimizados.

Y más allá de lo que abarca mi proyecto, como he mencionado antes, realmente las aplicaciones de las nuevas tecnologías en proyectos de construcción, realmente no tienen limite, con el mismo programa de Python anexado a continuación de esto, nos podemos dar cuenta de lo simple que llega a ser manejar estos programas, para que, con información básica de entrada, podamos obtener valores de salida con las cuales se puedan hacer estimaciones más exactas para todo tipo de aspectos de una construcción.

En conclusión, ha pesar de que he desarrollado la idea que tenia originalmente, no he cumplido con mi propia expectativa de al menos desarrollar el programa en Python, que me permitiera hacer esto de una manera rápida y sencilla, sin embargo, esta investigación me ha dado un poco de experiencia para realizar mis propias investigaciones en un futuro con temas o ideas más complejas, y en especial esta me gustó, porque he perfeccionado el uso de mi lenguaje matemático, que a pesar de ser muy básico, es mucho más del que comencé este proyecto.

Código para calcular volumen, área superficial y diagonal espacial con longitud, altura y ancho de un prisma rectangular

```
# Python program to find the
# Surface area, volume and
# space diagonal of rectangular
# prism

import math

# function to calculate
# Surface area
def find_surafce_area(l, b, h):

    # formula of surface_area = 2(lb + bh + hl)
    Surface_area = 2 * ( l * b + b * h + h * l)

    # Display surface area
    print(Surface_area)

# function to find the
# Volume of rectangular
# prism
def find_volume(l, b, h):

    # formula to calculate
    # volume = (l * b*h)
    Volume = (l * b * h)

    # Display volume
    print(Volume)
```

```python
def find_space_diagonal(l, b, h):

	# formula to calculate
	# Space diagonal = square_root(l**2 + b**2 + h**2)
	Space_diagonal = math.sqrt(l**2 + b**2 + h**2)

	# display space diagonal
	print(Space_diagonal)

# Driver Code
l = 12
b = 0.2
h = 4

# surface area
# function call
find_surafce_area(l, b, h)

# volume function call
find_volume(l, b, h)

# Space diagonal function call
find_space_diagonal(l, b, h)
```

En este caso específico los resultados arrojados fueron:

```
IDLE Shell 3.9.1
File  Edit  Shell  Debug  Options  Window  Help
Python 3.9.1 (tags/v3.9.1:1e5d33e, Dec  7 2020, 17:08:21) [MSC v.1927 64 bit (AM
D64)] on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>>
===== RESTART: C:\Users\Demet\AppData\Local\Programs\Python\Python39\P1.py =====
102.4 ← Área superficial
9.600000000000001 ← Volumen
12.650691680694775 ← Diagonal Espacial
>>>
```

Trabajos Consultados

Cocoletzi, G. H., Zacarías, C. G., & Ovando, M. A. P. (2010). Los números de fibonacci en la naturaleza y los sistemas nanoestructurados artificiales. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, *3*(1).

GeeksforGeeks. (2020, 10 mayo). Python Program to find volume, surface area and space diagonal of a cuboid. Recuperado 18 de mayo de 2021, de https://www.geeksforgeeks.org/python-program-to-find-volume-surface-area-and-space-diagonal-of-a-cuboid/

CREACIÓN DE FÓRMULAS. (s. f.). Recuperado 19 de mayo de 2021, de https://www.uv.es/castros/docencia/informatica/excel5.htm

Why are walls in the US and the UK empty in the middle? In my country, almost all walls are made of bricks or concrete. - Quora. (s. f.). Recuperado 19 de mayo de 2021, de https://www.quora.com/Why-are-walls-in-the-US-and-the-UK-empty-in-the-middle-In-my-country-almost-all-walls-are-made-of-bricks-or-concrete

Castillo Céspedes, J. C., Fagua Fagua, M., & Jiménez Amorocho, A. P. (2018). Estandarización de procesos en una compañía dedicada a la construcción y remodelación de obras (Doctoral dissertation, Universidad Piloto de Colombia).

[Ilustración]. (s. f.). *Espiral áurea*. Recuperado de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/91/Golden_spiral_in_rectangles.svg/1200px-Golden_spiral_in_rectangles.svg.png

Lenguaje matemático: conjuntos y símbolos (1ºBach) - Wikipedia. (s. f.). Recuperado 21 de mayo de 2021, de http://maralboran.org/wikipedia/index.php/Lenguaje_matem%C3%A1tico:_conjuntos_y_s%C3%ADmbolos_%281%C2%BABach%29

Pandey, C. (2020, 28 octubre). How many bricks does it take to build a house? Recuperado 21 de mayo de 2021, de https://www.simonehomes.com.au/how-many-bricks/#:%7E:text=On%20average%20a%20single%20storey,The%20home%20is%20around%20200m2