Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica
Universitat Politècnica de València

Arqueología Informática: Diseño e implementación de las calculadoras de Pascal y Leibniz en Scratch

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería Informática

Autor: Francisco Manuel Ruiz Rozalén
Tutor: Xavier Molero Prieto

Curso 2018-2019

Resum

Fent ús de l'eina creada pel M.I.T. per a programar sense codi anomenada Scratch, crearem emuladors per a les calculadores «pascalina» inventada per Blaise Pascal, capaç de realitzar sumes i restes juntament amb la «Màquina universal» de Gottfriend Leibniz que realitzava les quatre operacions bàsiques. La finalitat dels mateixos és la de fer difusió d'aquest patrimoni considerat com l'ancestre dels computadors. Per a la realització d'aquests emuladors, ens submergirem en la història del component mes bàsic d'una calculadora, els números. Analitzarem en els seus usos i evolucions al llarg de l'història i com aquests van provocar la invenció de les primeres calculadores.

Buscant el conéixer els motius que van impulsar a aquests genis científics a crear les seues màquines, estudiarem les seues vides i obres, així com la societat del Segle XVII, considerat el segle de la revolució científica. Com a complement als coneixements adquirits en l'estudi de les obres de Pascal i Leibniz, també indagarem en la vida i obra d'altres personalitats que van aportar els seus propis coneixements i invents a la humanitat també en el Segle XVII.

Paraules clau: Scratch, Blaise Pascal, Gottfried Leibniz, Calculadora, Números, Segle XVII

Resumen

Haciendo uso de la herramienta creada por el M.I.T. para programar sin código llamada Scratch, crearemos emuladores para las calculadoras «pascalina» inventada por Blaise Pascal, capaz de realizar sumas y restas junto con la «Máquina universal» de Gottfriend Leibniz que realizaba las cuatro operaciones basicas. La finalidad de los mismos es la de hacer difusión de este patrimonio considerado como el ancestro de los computadores. Para la realización de estos emuladores, nos sumergiremos en la historia del componente mas básico de una calculadora, los números. Analizaremos en sus usos y evoluciones a lo largo de la historia y como estos provocaron la invención de las primeras calculadoras.

Buscando el conocer los motivos que impulsaron a estos genios científicos a crear sus máquinas, estudiaremos sus vidas y obras, así como la sociedad del Siglo XVII, considerado el siglo de la revolución científica. Como complemento a los conocimientos adquiridos en el estudio de las obras de Pascal y Leibniz, también indagaremos en la vida y obra de otras personalidades que aportaron sus propios conocimientos e inventos a la humanidad también en el Siglo XVII.

Palabras clave: Scratch, Blaise Pascal, Gottfried Leibniz, Calculadora, Números, Siglo XVII

Abstract

Making use of the tool created by the M.I.T. in order to program without code called Scratch, we will create emulators for the «pascaline» calculator invented by Blaise Pascal, capable of performing addition and subtraction together with the « universal machine » of Gottfriend Leibniz that performed the four basic operations. The purpose of these emulators is to disseminate this heritage considered as the ancestor of computers. For the realization of these emulators, we will immerse ourselves in the history of the most basic component of a calculator, the numbers. We will analyze their uses and evolutions throughout history and how they caused the invention of the first calculators.

Seeking to know the reasons that drove these scientific geniuses to create their machines, we will study their lives and works, as well as the society of the 17th century, considered the century of the scientific revolution. As a complement to the knowledge acquired in the study of the works of Pascal and Leibniz, we will also investigate the life and work of other personalities who contributed with their own knowledge and inventions to humanity also in the 17th century.

Key words: Scratch, Blaise Pascal, Gottfried Leibniz, Calculator, Numbers, 17th Century

Índice general

Índice de figuras

CAPÍTULO 1
Introducción

En el presente capítulo enunciaremos los motivos por los cuales ha sido elegido este trabajo de fin de grado. También expondremos los objetivos a alcanzar a lo largo del desarrollo del proyecto.Para finalizar, introduciremos la estructura la cual seguiremos a la hora componer la memoria y describiremos brevemente el uso que se le ha dado a las fuentes bibliográficas consultadas.

1.1 Motivación

Las razones por las que hemos elegido este trabajo final de grado son dos principalmente. La primera es el uso de Scratch [1] como plataforma para la implementación de los emuladores de sendas calculadoras. La segunda razón, es el afán divulgativo del propio proyecto propuesto por el Museo de Informática[2] de la Universidad Politécnica de Valencia [3].

Scratch es un lenguaje de programación[4] que permite al usuario crear animaciones, presentaciones o pequeños programas de una manera visual e interactiva. Nosotros mismos hemos hecho uso de esta herramienta para introducir brevemente y de manera bastante general a diversos conocidos a los lenguajes de programación, ya que el sustituir las tradicionales líneas de código por bloques de acciones, se facilita mucho la comprensión de la estructura mínima necesaria para crear un programa.

En lo que al afán divulgativo se refiere, nos parece una oportunidad perfecta para aportar nuestro granito de arena al museo. Hoy en dia, a veces pensamos que la tecnología que utilizamos es novedosa y revolucionaria, pero esto no es cierto en la mayoría de los casos. Solo es necesario hacer una breve visita al Museo de Informática para darse cuenta que, en muchas ocasiones, las tecnologías actuales son evoluciones de otras anteriores. Si retrocedemos cierto número de iteraciones evolutivas en la historia de los computadores, podemos encontrarnos las calculadoras de Pascal y Leibniz. De hecho, la calculadora de Leibniz, es una mejora de la Pascalina.

En definitiva, es la sinergia entre los temas individuales y el interés en los mismos lo que nos ha hecho decantarnos por este proyecto.

[1]Página web de Scratch: https://scratch.mit.edu/

[2]Página web del Museo de Informática: http://museo.inf.upv.es/es/

[3]Página web de la Universidad Politécnica de Valencia: http://www.upv.es/

[4]Lenguaje de programación: Se dice del lenguaje formal que agrupa un conjunto de instrucciones. Estas facilitan al desarrollador la implementación de secuencias de código capaces de ejecutar órdenes.

1.2 Objetivos

El objetivo principal de este proyecto final de grado es la creación de emuladores basados en las calculadoras de Blaise Pascal(Sección 4.1) y Gottfried Leibniz(Sección 4.2). Para alcanzar esta meta, nos apoyaremos de la información que extraigamos del breve estudio de los números, los sistemas de numeración(Sección 2.1.2) y las calculadoras usadas con anterioridad a las del proyecto. Proseguiremos con el análisis de diversos aspectos del Siglo XVII, considerado el siglo de la revolución científica. Para finalizar la recopilación de información, nos centraremos en el uso y funcionamiento de las calculadoras a implementar así como la vida y obra de sus creadores.

Una vez hayamos comprendido el funcionamiento de las calculadoras, pasaremos al estudio en profundidad del uso de los diversos módulos que posee Scratch para el desarrollo de software.

La ultima parte del trabajo consistirá en la realización de una página web con una breve explicación de las calculadoras así como de la vida de sus inventores para incluirla en el repositorio[5] del Museo de Informática.

1.3 Estructura de la memória

En este apartado expondremos de manera breve la estructura que utilizaremos para desarrollar la memoria.

- **Capítulo 1:** Es el capítulo en el que nos encontramos y nos servirá para exponer la motivación por la cual hemos elegido este proyecto así como los objetivos que esperamos alcanzar con el desarrollo del mismo. También lo utilizaremos para introducir brevemente el tema de los capítulos en los que estructuraremos la memoria e incluir unas notas sobre la bibliografía.

- **Capítulo 2:** Utilizaremos este segundo capitulo para describir brevemente el concepto de número, diferentes sistemas de numeración que hacían uso del concepto y primeras calculadoras que simplificaban los cálculos de estos. La información expuesta esta redactada cronológicamente.

- **Capítulo 3:** En este capitulo nos analizaremos como la sociedad del Siglo XVII y aprovecharemos para recabar información de la vida y obra de diversos genios de la época aunque dejaremos a Blaise Pascal y Gottfried Leibniz para el siguiente capitulo.

- **Capítulo 4:** Como comentado en el parrafo anterior, el capitulo cuarto estará dedicado a la vida y obra de Pascal y Leibniz así como al diseño y funcionamiento de las maquinas que inventaron.

- **Capítulo 5:** Es en este capitulo donde expondremos la información recabada acerca de la plataforma para la programación Scratch y en el que también describiremos los pasos y bloques de acciones utilizados para crear los emuladores propuestos para el trabajo fin de grado.

- **Capítulo 6:** El capítulo 6 lo utilizaremos para explicar brevemente como hemos desarrollado la página web propuesta para el trabajo final de grado.

[5]Repositorio: Lugar físico o virtual para el almacenamiento, organización, mantenimiento y difusión de archivos informáticos en el contexto de este trabajo en concreto.

- **Capítulo 7:** Será el capítulo final y en el, se detallaran las conclusiones a las que hemos llegado con la finalización del proyecto. También incluiremos una breve sección con una propuesta de trabajos futuros.

1.4 Apuntes sobre la bibliografía

En esta sección enlazaremos los distintos temas que componen los capítulos con sus correspondientes referencias bibliográficas consultadas. En cuanto a las imágenes incrustadas en la memoria, las que no han sido creadas expresamente para ser incluidas en este trabajo han sido debidamente referenciadas según el tipo de licencia a la que estuviese sometida. No obstante, para no incurrir en posibles infracciones de derechos de autor, todas las imágenes son de dominio publico o están licenciadas bajo «Creative Commons» [6].

- Para introducirnos en el ámbito de los números,hemos necesitado consultar las referencias [[2][3][4]], para así recabar la información suficiente a plasmar. En cuanto a los sistemas de númeracion, nos ha sido de especial ayuda el trabajo publicado con anterioridad [[5]], además de las referencias [babilonicos, grecia]. En la recolección de información necesaria para el tema de las primeras calculadoras nos ha servido de apoyo el trabajo [[6]] y las referencias [[9][11][12]].
- Para la realización del cápitulo del Siglo XVII y la vida de sus autores, se han utilizado las fuentes [[26][24][27][25]].
- Para poder conocer la vida y obra de Blaise Pascal, así como la información necesaria para poder realizar un emulador que replique el funcionamiento de su maquina, hemos hecho uso de las referencias bibliográficas [[13][14][16][20]]. Hemos de hacer especial mención en este apartado del video [15] ya que nos ha ayudado enormemente a comprender el funcionamiento de la «pascalina».
- En el caso de Gottfried Leibniz, la mayor cantidad de información obtenida ha sido de la fuente [23] pero nos hemos apoyado también en [[21] [22]]. De nuevo, el trabajo [6] nos ha ayudado a esclarecer dudas en el funcionamiento de la máquina de Leibniz.
- Finalmente y para poder comprender mejor el funcionamiento de Scratch, hemos hecho uso de las referencias bibliográficas [[18][19]] y del canal del Youtube [17] .

[6] Web de Creative Commons: `https://creativecommons.org/`

CAPÍTULO 2

Números, sistemas de numeración y primeras calculadoras

En este primer bloque sobre el contexto histórico del trabajo ahondaremos en materia de los números a lo largo del tiempo. También vamos a repasar la historia de los sistemas que hacían uso de estos números y finalizaremos este capítulo exponiendo la información recabada sobre las calculadoras anteriores a las creadas por Pascal y Leibniz.

2.1 Breve historia de los números

Un número es un concepto que se ha sido utilizado a lo largo de la historia para cuantificar el mundo que nos rodea, además, otorga la capacidad de comparar partes de este mundo real con otras partes del mismo. Decimos que es un concepto y no un símbolo porque como podemos ver en la figura 2.1, existen diversas representaciones para un mismo número. El uso de las distintas representaciones ha estado determinado por factores tales como la zona geográfica o la época de su utilización.

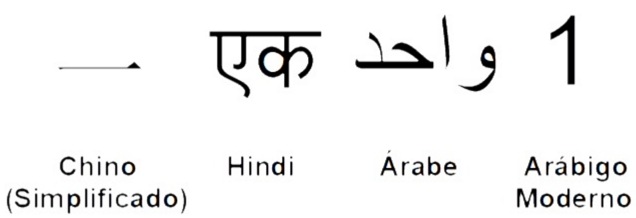


Figura 2.1: Distintas representaciones para el mismo número.

2.1.1. Números

Ya en los estadios mas tempranos de las sociedades prehistóricas, se hacia necesario el uso de símbolos para determinar las cantidades o medidas que representaban objetos de el mundo real. Si bien es cierto que no se puede datar la invención y primeros usos de los números con total precisión, hay indicios de que estos podrían haberse empezado a utilizar alrededor del 40.000 a.C. con el Hueso de Lebombo(Figura 2.2) o en el 20.000 a.C., año en el que esta datado el Hueso de Ishango(Figura 2.3).

El Hueso de Lebombo es un peroné de babuino encontrado en los años setenta entre Sudáfrica y Eswatini[1] (antigua Suazilandia). En este podemos observar una serie de veintinueve marcas irregulares las cuales podrían haber sido utilizadas para llevar el conteo de los ciclos lunares o incluso el ciclo menstrual de las mujeres, como sugirió David Darling(2004) en *The Universal Book of Mathematics: From Abracadabra to Zeno's Paradoxes*. No obstante, esto no puede ser completamente confirmado debido a que el hueso se encuentra fracturado y podrían no ser la totalidad de las marcas que tuvo.

Figura 2.2: Hueso de Lebombo.

En el caso del Hueso de Ishango, se trata de 168 marcas o incisiones separadas en tres agrupaciones, talladas también en un hueso de babuino. Podemos advertir en las agrupaciones de los extremos que todos los números son impares, la que encontramos a la izquierda son además, números primos. Las marcas de la derecha corresponderían a los números resultado de las operaciones 10 ± 1 y 20 ± 1. Los sumatorios de las tres agrupaciones dan como resultado múltiplos de doce, siendo los de los extremos sesenta y el del central cuarenta y ocho, lo cual se podría interpretar como primeros conceptos de multiplicación y división. En uno de los extremos podemos ver una incrustación de cuarzo utilizada posiblemente como herramienta para grabar. Fue encontrado en la década de los sesenta en el Congo Belga y se encuentra expuesto en el Real Instituto Belga de Ciencias Naturales[2].

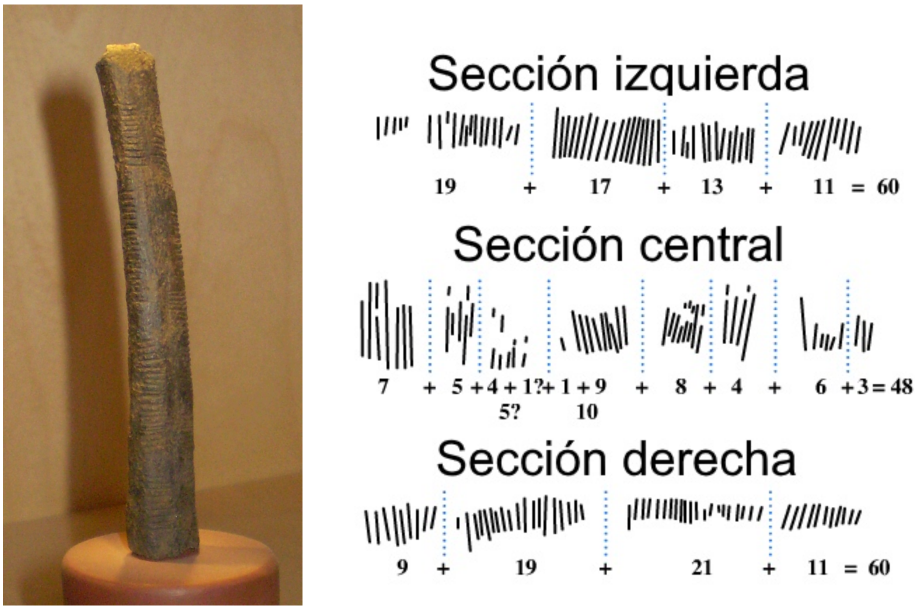


Figura 2.3: Hueso de Ishango y sus agrupaciones de marcas. Actualmente expuesto en el Real Instituto Belga de Ciencias Naturales

A medida que se fueron formando los asentamientos y ciudades de las primeras sociedades y junto a la proliferación tanto de la agricultura como de la ganadería, se originó la invención del comercio y con el, la contabilidad. Por aquel entonces se hacia esencial

[1]Entrada en wikipedia sobre Eswatini : https://en.wikipedia.org/wiki/Eswatini
[2]Página web de el Real Instituto Belga de Ciencias Naturales: https://www.naturalsciences.be/en

el uso de números para medir cantidades de productos o bienes a intercambiar por otros bienes. Con el crecimiento de los grupos de población y su mayor organización, se requerían representaciones de cantidades mayores además de su fácil interpretación, dando así paso a los sistemas de numeración.

2.1.2. Sistemas de numeración

Un sistema de numeración, es el conjunto de símbolos y operaciones que se someten a determinadas reglas para la construcción de todos los números que son aceptados por un sistema concreto. Las reglas de estos sistemas varían entre el sistema elegido. No obstante, la gran mayoría comparten la regla de que un sistema no puede utilizar simbología que este incluida en otro sistema pero no en si mismo.

ɲ = (ʂ,ʀ)

Donde:

* ɲ se refiere a un sistema de numeración concreto.

* ʂ representa el conjunto de todos los símbolos aceptados por el sistema.

* ʀ hace referencia a las reglas y operaciones del sistema.

Figura 2.4: Sistema de numeración expresado como fórmula.

Los distintos sistemas que expondremos ordenados cronológicamente a continuación se pueden agrupar en tres categorías principalmente:

- **Sistemas aditivos:** Son aquellos sistemas en los que para generar la representación de una cantidad concreta se acumulan tantos símbolos como sea necesario para alcanzarla sin importar el orden en el que se acumulen. Un inconveniente de este tipo de sistemas es que son poco prácticos para escribir grandes cantidades. Esto es debido a la longitud y requerimiento de símbolos para expresar estas cantidades.

- **Sistemas multiplicativos:** Estos sistemas suponen una mejora respecto a los aditivos. Utilizan las mismas reglas de acumulación de símbolos que los aditivos, sin importar el orden interno de cada agrupación de símbolos. La diferencia radica en que los sistemas multiplicativos requieren de un orden de agrupación ya que estas se multiplican por una base con un exponente determinado por la posición.

- **Sistemas posicionales:** Son aquellos sistemas en los que el valor que representa cada carácter no viene determinado solo por su símbolo sino también por la posición que ocupa este. En este caso, la posición, también determina el exponente de la base por la que se multiplica el número, para así acortar la longitud de las cantidades. Este tipo de sistemas requirieron de la invención del concepto de cero o la nada para poder expresar sus cantidades.

Numeración egipcia

Alrededor del año 3000 a.C. los egipcios desarrollaron un sistema de numeración aditivo. Tenían una cantidad finita de símbolos llamados jeroglíficos(Figura 2.5) para expresar números en potencia de base 10 comprendidos entre 1 y 1000000 y podían ser leídos tanto de izquierda a derecha como de derecha a izquierda así como de arriba a abajo y al revés. La finalidad de estos jeroglíficos(Figura 2.6[3]) fue sobretodo ornamental ya que la libertad a la hora de colocar los caracteres permitía una mayor homogeneidad a la hora de decorar con grabados distintos monumentos(obeliscos, tumbas, etc.).

Figura 2.5: Símbolos aceptados por el sistema de numeración egipcio, en notación jeroglífica. Imagen extraída del libro «Historia universal de las cifras» Georges Ifrah(1981).

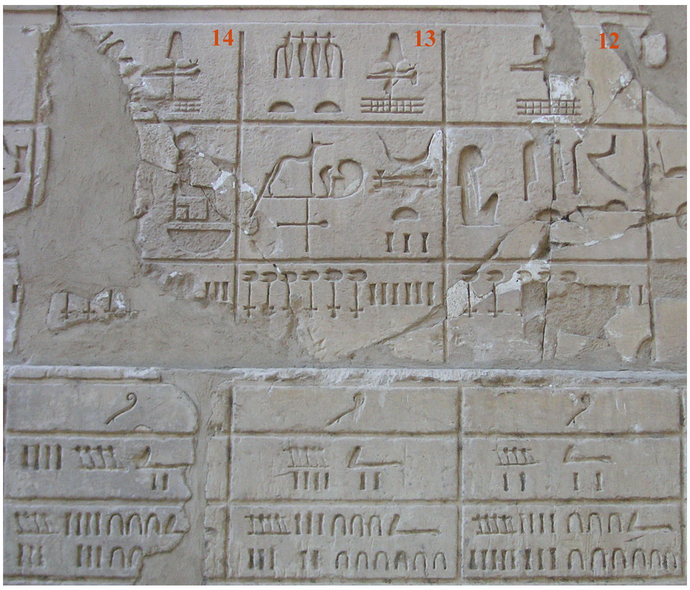


Figura 2.6: Jeroglíficos grabados en piedra para representar cantidades.

Para usos mas cotidianos, como pudo ser el llevar las cuentas de las transacciones comerciales o la cantidad de productos en un almacén, los egipcios utilizaban otro sistema de numeración aditivo llamado hierático(Figura 2.7) con una mayor cantidad de símbolos pero de escritura mas simple. A pesar de la dificultad en el aprendizaje de este sistema de numeración por sus 36 caracteres fue ampliamente utilizado por escribas debido a la rapidez de escritura que se obtenía.

[3] Imagen extraída de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9e/Nome_u_12_14.jpg.

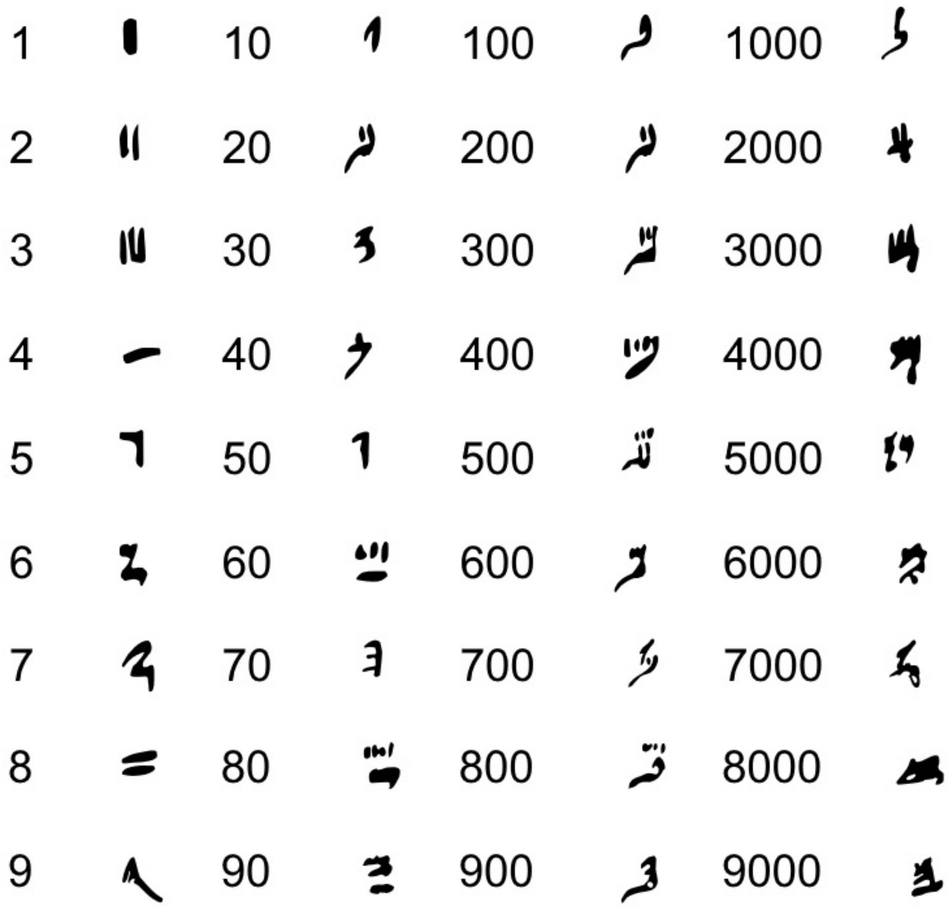


Figura 2.7: Los 36 caracteres de la numeración hierática egipcia.

Numeración babilónica

El inicio del uso de este sistema de numeración data entre el 1800 y 1900 a.C. . Se trata de un sistema de base 60 y se cree que es también el primero en ser de tipo posicional. Con solo dos símbolos, que en este caso son un clavo para la representación de la unidad y una espiga para representar decenas(Figura 2.8[4]), y con la sucesiva adición de los mismos, podemos crear distintas agrupaciones para representar cifras entre 1 y 59. Para lograr números mas grandes, utilizaremos múltiples agrupaciones de símbolos en posiciones determinadas haciendo uso de la siguiente formula: $a_n x60^n + .. + a_2 x60^2 + a_1 x60^1 + a_0 x60^0$.

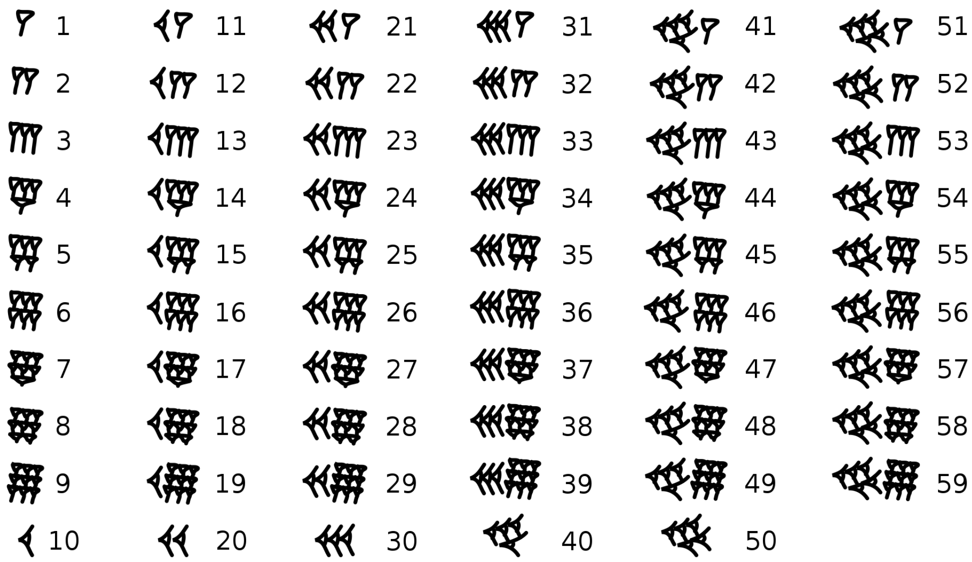


Figura 2.8: Numeración babilónica.

Con el uso de este sistema obtenemos las ventajas de los sistemas posicionales por los cuales podemos expresar cantidades mas grandes con una menor cantidad de símbolos. Por ejemplo, con 4 agrupaciones de símbolos representamos el número 73,225,559.

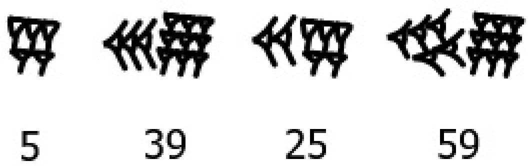


Figura 2.9: Número 73,225,559 en notación babilónica. El resultado se forma de $5 * 60^4 + 39 * 60^3 + 25 * 60^1 + 59 * 60^0$.

Numeración China

La numeración usada en la antigua china, alrededor del año 1.500 a.C., hacia uso de ideogramas para los números del 1 al 9 y para las potencias de 10 desde 10 a 10.000. Se trataba de un sistema decimal y multiplicativo el cual formaba cantidades agrupando el ideograma de las unidades deseadas con su respectivo ideograma de la potencia de

[4] Imagen extraída de: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9862983, Josell7, CC BY-SA 4.0

Figura 2.10: Tablilla Plimton 322 en notación babilónica. Actualmente en la Universidad de Columbia. Estudios indican que podría ser la primera evidencia del que después seria llamado Teorema de Pitágoras en el que $a^2 = b^2 + c^2$.

10 que le corresponda. Esto lo hacia mediante el uso del principio aditivo en el que el orden de los símbolos no es necesario para la comprensión de la cantidad, no obstante, por convención, solían escribir las cifras mas grandes en la posición izquierda y las mas pequeñas a la derecha.

Podemos ver una representación del número 93317 en la figura 2.12.

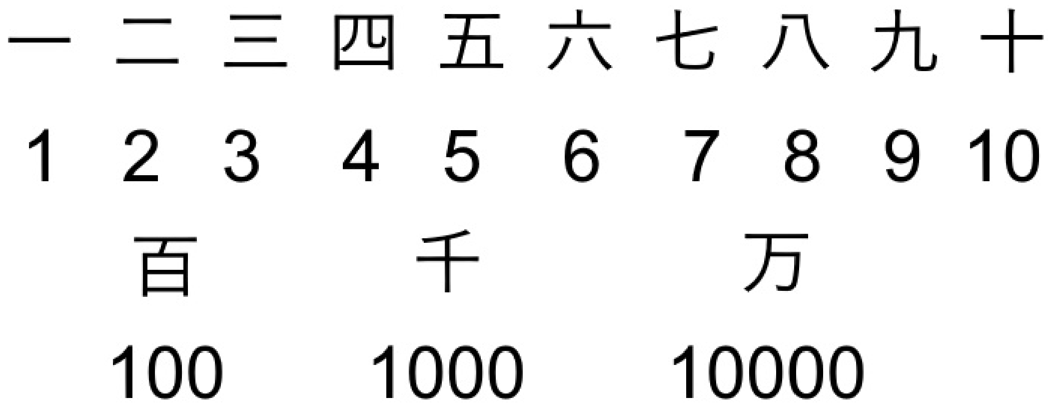


Figura 2.11: Numeración china.

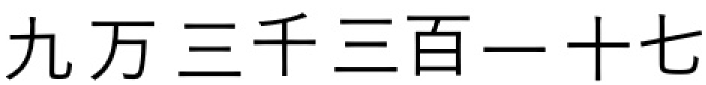


Figura 2.12: Número 93317 en notación china.

Numeración Griega

La civilización griega hizo grandiosas aportaciones en campos como la filosofía, astronomía, física y por supuesto al campo de las matemáticas. Cerca del año 600 a.C. los griegos comenzaron a utilizar un sistema numérico aditivo y multiplicativo llamado ático. Este sistema de base decimal constaba de 9 caracteres que representaban los números 1, 5, 10, 50, 100, 500, 1000, 5000 y 10000. Como se puede observar en la figura 2.13[5], los números 50, 500 y 5000 eran la combinación de los símbolos correspondientes al número 5 y su base decimal necesaria para formarlo.

Figura 2.13: Sistema ático.

Casi 200 años después de la invención del sistema ático, los griegos decidieron sustituirlo por un nuevo sistema llamado jónico(Figura 2.14[6]) el cual estaba compuesto por 27 caracteres. De los 27 totales, 24 procedían del alfabeto griego y los restantes, que representaban el 6, el 90 y el 900, fueron rescatados de un alfabeto griego anterior al de la época.

Figura 2.14: Sistema jónico.

Numeración Romana

En el Siglo I a.C., los romanos utilizaban un sistema de numeración de ascendencia etrusca y adaptado a su propio alfabeto representado por siete letras mayúsculas. Aunque este sistema también utiliza el principio aditivo, tenia la regla de que no se podían concatenar mas de tres letras iguales sucesivas, sin embargo, podían anteponer la letra que representaba el la menor cantidad que se quería repetir cuatro veces, rompiendo así la regla, a su inmediatamente superior para restar la cantidad de la predecesora a su sucesora. También utilizaba el principio multiplicativo para la representación de cantidades superiores a 4000. Este se llevaba a cabo añadiendo una barra horizontal a la cifra

[5]Imagen extraída de: http://maralboran.org/wikipedia/index.php/Sistema_de_numeraci%C3%B3n_griego.

[6]Imagen extraída de: http://maralboran.org/wikipedia/index.php/Imagen:Simbolos_griegos2.jpg.

o cifras necesarias, que indicaba que esas cifras se multiplicaban por 1000. Añadiendo una segunda barra representábamos una multiplicidad por 1.000.000. Aunque no era un sistema posicional, colocar las cifras mayores a la izquierda y las menores a la derecha ayudaba a clarificar el uso de la regla de la no repetición mas de tres veces sucesivas. Es el sistema que mas ha perdurado en el tiempo con el uso en ciertos ámbitos como el de numerar eventos o figuras dinásticas en la actualidad.

I	V	X	L	C	D	M
1	5	10	50	100	500	1000

Figura 2.15: Letras de la numeracíon romana.

Numeración Maya

En la misma época que el vasto imperio romano utilizaba su sistema de numeración basado en letras, al otro lado del mundo, en lo que actualmente conocemos como América del sur, los Mayas inventaron un sistema en base 20 que se representaba en vertical, siendo este posicional y que requería del uso del concepto del cero o la nada(Figura 2.16[7]). La agrupación de menor cantidad era la que se posicionaba en la parte inferior y tanto esta como el resto de agrupaciones seguían el principio multiplicativo aplicando la formula $a_n x20^n + .. + a_2 x20^2 + a_1 x20^1 + a_0 x20^0$. Aunque no se trataba de un sistema aditivo, dado que el orden de las agrupaciones de símbolos si era importante, la manera de componer las cantidades era mediante la acumulación de 2 de sus 3 símbolos (el tercero es para representar el cero), los cuales eran o un punto para representar la unidad y agruparlo hasta un máximo de cuatro puntos por nivel, o una barra horizontal para representar el concepto de cinco que ocupan un nivel por si mismo. Cada agrupación de símbolos de la cifra concreta de la cantidad a representar podía tener hasta 4 niveles.

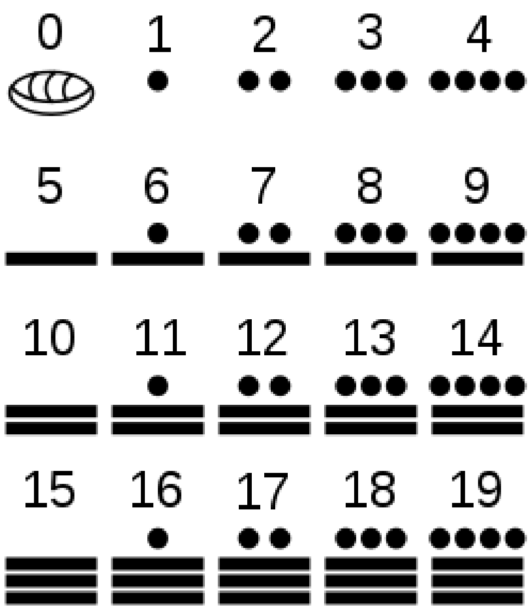


Figura 2.16: Sistema Maya.

[7] Imagen extraída de: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1404491, Bryan Derksen, BY-SA 3.0

2.2 Primeras calculadoras

Con el crecimiento continuo de la humanidad, también crecían las cantidades necesarias para cuantificar nuestro mundo. Debido a esto, cada vez se hacía mas ardua la tarea de trabajar con estas enormes cifras de manera manual y es por esto que se buscó incesantemente la manera de simplificar estos cálculos, dando así paso a la invención de las primeras calculadoras.

A pesar de que la primera calculadora de la historia estaba compuesta por las manos y los pies o por lo menos, se utilizaban para llevar conteos, en este trabajo nos centraremos en los dispositivos o instrumentos creados por el ser humano para facilitar las tareas de cálculo.

2.2.1. El ábaco

Se encuentran sus primeros usos en la antigua civilización sumeria y s considerado el primer artefacto humano para el cálculo. De datación indeterminada pero estimada entre el 2700 a.C. y 2300 a.C., este instrumento estaba construido sobre una tabla de piedra, arcilla o madera habitualmente y disponía de diversas columnas para representar cada una de ellas, una potencia de 10. Añadiendo o quitando pequeñas piedras o guijarros a la potencia de 10 correspondiente, se podían realizar sumas y restas. Este invento fue ampliamente aceptado por otras civilizaciones que lo adaptaron a sus propias necesidades.

Para la suma, primero se representaba el primer número en el ábaco, después, se añadían en las potencias correspondientes los números descompuestos de la segunda cifra. En el caso de haber ocupado los 10 números de una potencia, vuelven a su posición original y se suma una unidad a la potencia inmediatamente superior. El proceso de la resta era el inverso, sustrayendo una unidad a la potencia inmediatamente superior en el caso de quedarnos sin cuentas en la unidad actual.

A continuación, se pueden ver en las imágenes las versiones del ábaco griego en la tabla Salamis(Figura 2.17[8]), el ábaco romano(Figura 2.17), el ábaco maya(Figura 2.18), el ábaco chino(Figura 2.18) y para finalizar el ábaco ruso(Figura 2.19).

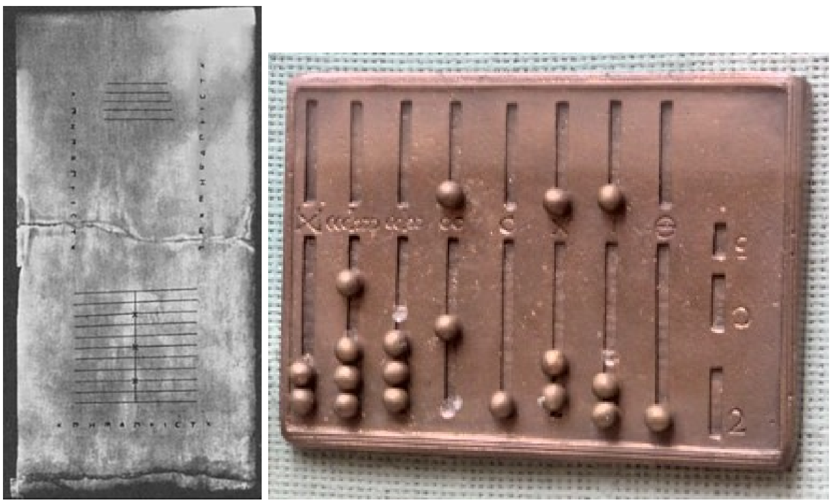
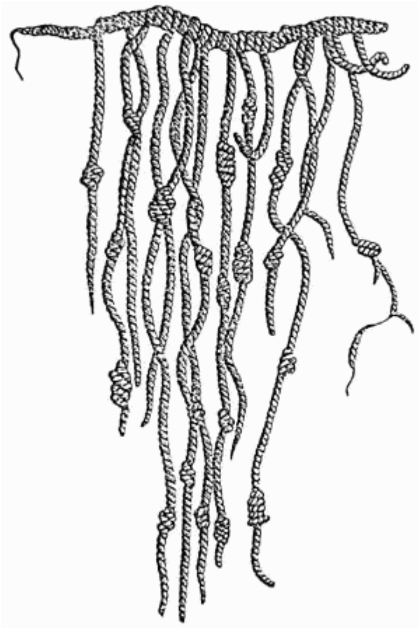


Figura 2.17: Ábacos griego a la izquierda y romano a la derecha.

[8] Imagen del ábaco romano obtenida de: Photographer: Mike Cowlishaw (aus der englischen Wikipedia) - Photographer: Mike Cowlishaw (aus der englischen Wikipedia), CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=146646



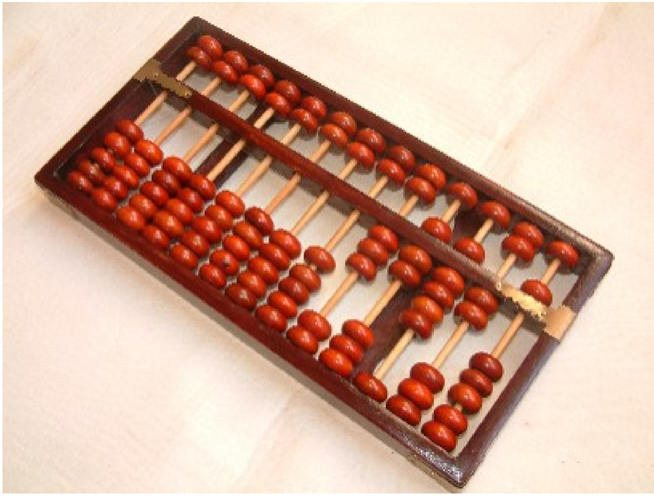


Figura 2.18: Ábaco maya a la izquierda y ábaco chino a la derecha.

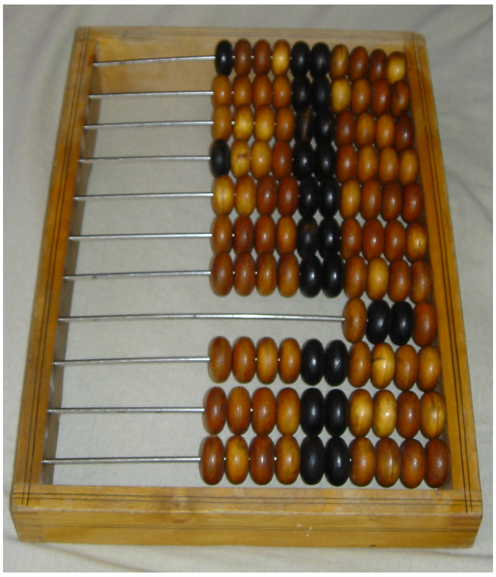


Figura 2.19: Ábaco ruso.

2.2.2. Varillas de Napier

John Napier de Merchiston(Figura 2.20), matemático escoces nacido en Edimburgo en el Siglo XVI, es considerado el inventor de los logaritmos así como de las varillas de Napier o ábaco neperiano. Estas varillas fueron el primero de tres dispositivos que detalló en su articulo llamado «Rabdology»(Edimburgo, 1617).

Estas varillas fueron diseñadas para simplificar operaciones aritméticas como la multiplicación, división, raíces cuadradas y raíces cubicas mediante la sucesión de sumas y restas. Como podemos ver en la figura , este instrumento aritmetico se componia de un tablero con bordes en los que ordenar las distintas varillas y una columna a la izquierda con nueve filas representando los números del 1 al 9.Inicialmente Napier tallo las varillas en huesos pero después paso a usar madera, metal, papel o cartón dado que era mas sencillo manufacturarlas en estos materiales.

Figura 2.20: Retrato de John Napier junto a la portada de su obra impresa «Rabdologia».

Las varillas, al igual que el tablero, tenían 9 filas por cada columna y en cada una de estas columnas aparece el resultado de cada múltiplo del 1 al 9 del número indicado en la primera fila. Cada fila de las varillas, a su vez, esta dividida por una diagonal que separa las dos cifras que aparecen por fila. Son estas cifras las que a posteriori nos servirán para obtener los resultados de las operaciones que realicemos.Podemos ver la descomposición de filas en la figura 2.21[9].

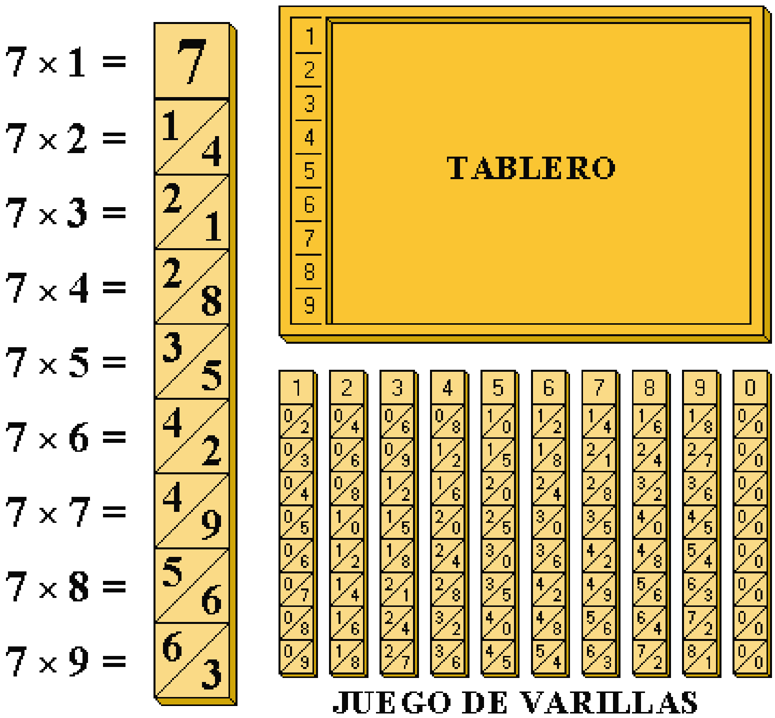


Figura 2.21: Tablero y varillas de Napier.

[9]Imagen extraída de: `https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1019619`, CC BY-SA 3.0.

Multiplicación

Para realizar la operación de multiplicación $1584x57$ primero debemos colocar las varillas para formar el multiplicando. Una vez las tengamos todas dispuestas en la posición requerida, procedemos a descomponer el multiplicador para seleccionar la fila correspondiente a ese número en la columna del tablero y procedemos a anotar el resultado del contenido de la fila empezando por la derecha (Figura 2.22), en nuestro caso, la fila correspondiente al número 7. Repetiremos el proceso con la fila del número 5 y el resultado obtenido lo sumaremos al resultado del 7 pero desplazando el resultado del 5 tantas posiciones a la izquierda como su exponente la cifra de su exponente. Para la multiplicación con multiplicadores de mayor longitud deberemos repetir los pasos anteriores tantas veces como tenga este nuevo multiplicador.

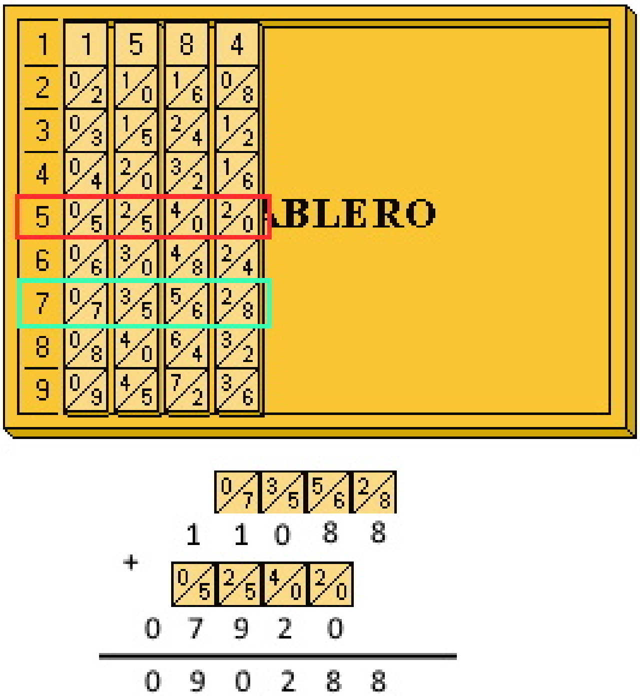


Figura 2.22: Multiplicación con las varillas de Napier. Operación $1584x57 = 90288$.

División

El proceso es similar al de la multiplicación, pero en el caso de la división, el número que se coloca en el tablero no es el dividendo sino el divisor por lo que para dividir 90288 entre 57, posicionaremos las varillas del 5 y el 7 en el tablero. Para hallar la cantidad máxima de dígitos que tendrá el cociente, debemos restar a los 5 del dividendo los 2 del divisor, quedando así $5 - 2 = 3$. Como en este caso el dígito de mayor magnitud del dividendo es mayor que el de mayor magnitud del divisor, la cantidad máxima de dígitos del cociente será $3 + 1 = 4$ dígitos. Ahora el objetivo es obtener la cifra que compondrá el minuendo de la primera resta, esto lo conseguiremos restando 1 unidad a la cantidad de dígitos máxima del cociente que en este caso es $4 - 1 = 3$ y que servirá para conocer el primer minuendo de las restas después de haber desplazado el número 3 dígitos.Tenemos 90 como primer minuendo y con el método de la multiplicación, buscamos el número mas cercano a 90 que es 57, el número asociado a la fila del 1. Este 1 sería nuestra primera cifra del cociente. Realizamos la resta $90 - 57 = 33$, añadimos el dígito mas a la izquierda de los tres anteriormente descartados y repetimos el proceso. Realizamos la operación $332 - 285 = 47$ que correspondería al 5 como segundo cociente y 47 de resto, después, $478 - 456 = 22$ para tener como tercer dígito del cociente el 8, que es la fila a la que hace referencia el número 456. Por último realizamos $228 - 228 = 0$ obteniendo el último dígito del cociente, el número 4 el que esta relacionado con 228. Con esto, obtenemos como resultado de la operación $90288/57 = 1854$. El proceso se puede ver en la figura 2.23.

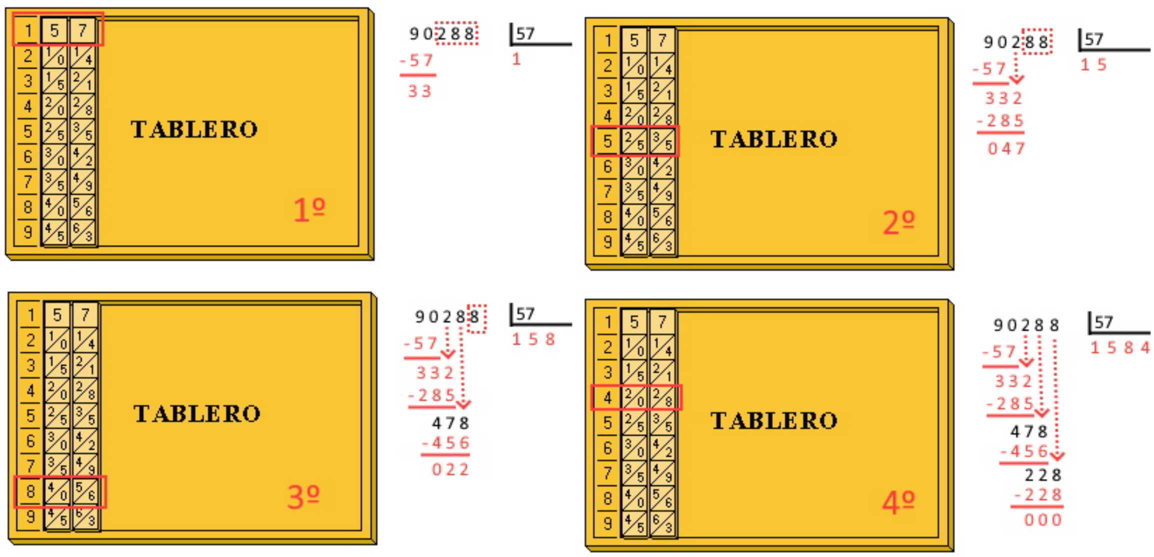


Figura 2.23: División con las varillas de Napier.

2.2.3. Reloj calculante de Wilhelm Schickard

En la ciudad de Herrenberg, al sur de Alemania, nació en 1592 el matemático, astrónomo y teólogo Wilhelm Schikard(Figura 2.24). Este profesor universitario entablo una gran amistad con otro científico de la misma ciudad llamado Johannes Kepler. Surge de esta amistad, basada en intereses comunes, una serie de cartas entre ambos científicos. Es en una de estas cartas, datada en septiembre de 1623 donde Schikard describe su reloj calculante a su colega Kepler y adjunta varios bocetos(Figura 2.24).

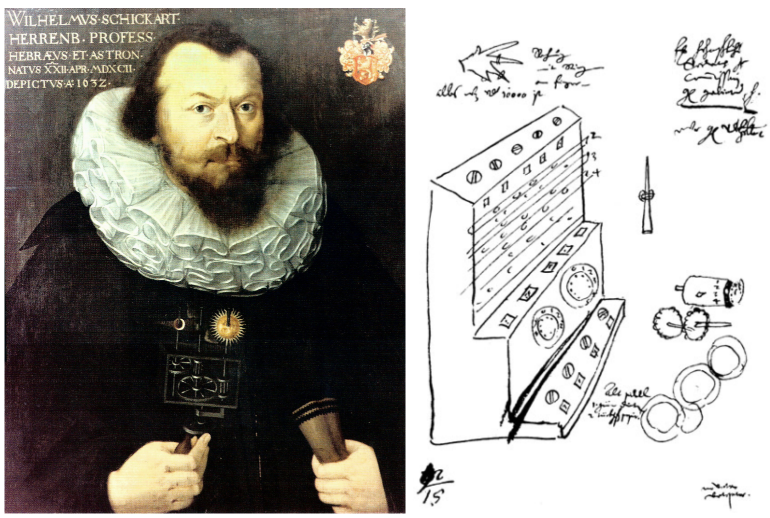


Figura 2.24: Wilhelm Schickard junto al boceto de su reloj calculante.

Este instrumento para el cálculo era capaz de realizar las operaciones de suma, resta, multiplicación y división. Como podemos observar en la réplica de la figura 2.25[10], esta maquina disponía de seis ruedas que empezando por la derecha, servían de unidades, decenas, centenas, unidades de millar, decenas de millar y centenas de millar. Para la operación de suma solo debían girarse las ruedas en sentido horario para introducir la cantidad inicial, después repetiremos el proceso para añadir la cantidad deseada. La resta requiere del mismo procedimiento pero girando las ruedas en sentido anti-horario. El reloj calculante tenia un sistema de acarreo por el cual en las sumas, cuando se intentaba sumar una unidad a alguna potencia que se encontraba con un 9 como su cifra, al sumar la unidad este volvía a 0 y sumaba una unidad a la potencia inmediatamente superior. En el caso de la resta se restaba una unidad a la potencia inmediatamente inferior en el caso de intentar restar una unidad a un 0. Para la multiplicación y división utilizaba un mecanismo interno inspirado en las varillas de Napier.

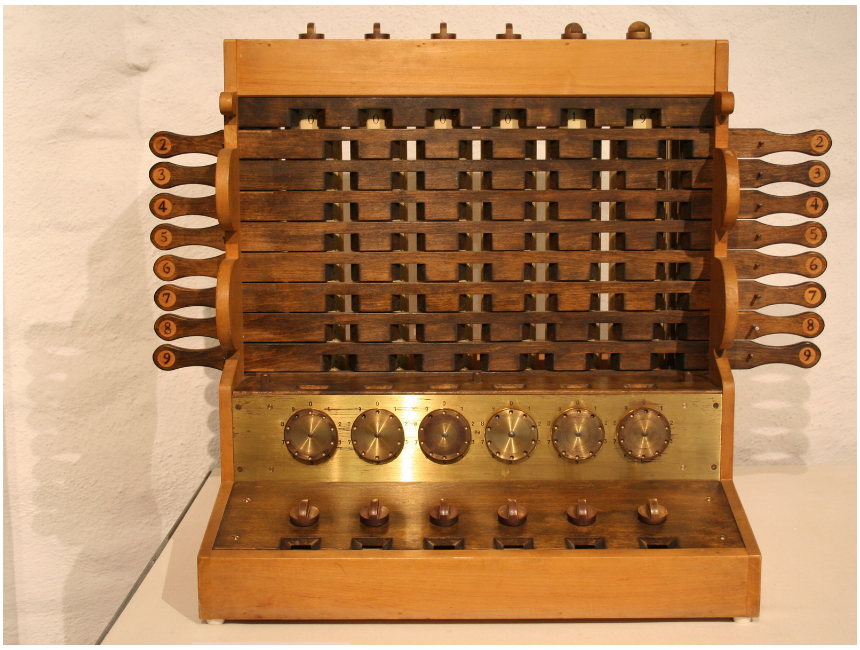


Figura 2.25: Réplica del reloj calculante.

A pesar de que durante muchos años se pensó que la calculadora Pascalina de Blaise Pascal fue la primera calculadora mecánica construida por el hombre, en realidad, gracias a la datación de la carta que Schikard envió a Kepler, se sabe que la primera calculadora fue el reloj calculante. No obstante, el diseño de esta maquina no fue implementado ni sirvió como inspiración para la creación de otros artefactos similares.

[10]Imagen extraída de: `https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8159979`, Herbert Klaeren, CC BY-SA 3.0

CAPÍTULO 3
Siglo XVII

En este capitulo realizaremos una breve introducción a lo que fue considerado como el siglo de la revolución científica para posteriormente introducir a algunas de sus personalidades y sus aportaciones o estudios mas relevantes.

3.1 Revolucion cientifica

El Siglo XVII fue considerado el siglo de la revolución científica. Esto fue debido a la transformación que sufrió la sociedad europea con el surgimiento de las ciencias en el Siglo XVI. Aunque todavía encontrábamos entre los diversos científicos un arraigamiento con la fe, campos como la física, la astronomía, la química, la biología y otros muchos empezaban a desechar la mentalidad medieval para pasar a utilizar mas la lógica y la razón. Las afirmaciones empezaban a requerir de demostraciones. Otra idea muy arraigada que empezó a perder fuerza era la de que la tierra era el centro del universo.

En esta época, podemos encontrar a los últimos genios multidisciplinares. Los científicos usaban su tiempo en diversos campos de su interés, muchas veces inculcados por sus padres ya que en esta época, no todo el mundo tenia acceso todavía a una educación.

A continuación, resumiremos brevemente la vida y obra de alguno de estos genios.

3.2 Robert Boyle

Robert Boyle, nacido en Waterford(Irlanda) el 25 de enero de 1627 y fallecido en Londres el 31 de diciembre de 1691, fue un filósofo natural, químico, físico e inventor. Conocido por la ley de Boyle y autor de la obra «The Sceptical Chymist», es considerado como uno de los precursores de la química moderna.

Desde pequeño aprendió a hablar latín, griego, francés y presento un gran interés por las paradojas de Galileo Galilei. Siendo la investigación científica uno de sus mayores intereses, fue miembro del consejo y cofundador de la Royal Society o el “Colegio Invisible” en el Reino Unido. En 1654 se trasladó a la «University College» en Oxford donde junto a Robert Hooke diseño mejoras para la bomba de aire de Otto von Guericke. Sus investigaciones sobre las propiedades del aire hicieron que desarrollara la máquina Boyleana o motor neumático para hacer experimentos, y en 1660 publicó el libro «Nuevos experimentos físicos-mecánicos, sobre la elasticidad, y sus efectos» donde menciona que la ley que establece el volumen de un gas varía inversamente con la presión del gas(la ley de Boyle o ley de Boyle-Mariette). Realizó importantes experimentos como alquimista intentando la transmutación de metales y realizó contribuciones en el campo de la física como

Figura 3.1: Retrato de Robert Boyle.

el papel del aire en la propagación del sonido. Otro de sus estudios mas importantes fue en química, como la intervención del oxígeno en la combustión y respiración.

3.3 Edmund Halley

Edmund Halley fue un astrónomo, matemático y físico inglés, miembro de la Royal Society.Nacido en Londres el 8 de noviembre de 1656, falleció el 14 de Enero de 1656. Fue conocido por ser la primera persona en calcular la órbita de un planeta. Interesado por las matemáticas y la astronomía, estudió en Oxford. Publicó varias obras como «Catalogus stellarun australium» donde se mostraba su estudio de la posición de las 341 estrellas australes o «Philosophical Transactions» en donde nos habla de calcular la determinación del paralaje del Sol por medio de los tránsitos de Venus. En 1682 calculó por primera vez la órbita de un cometa, conocido actualmente como el cometa «1P/Halley», con la ayuda de la teoría de la gravitación universal de Isaac Newton, gran amigo suyo. Sus estudios demostraron que en 1758 volverían a ver el mismo cometa, ya que fue visto en 1531 y 1607. Sus investigaciones le llevaron por África y parte de América, dedicando gran parte de su tiempo a los estudios de las curvas isógonas donde destaca la variación de la declinación magnética. En 1720 fue nombrado como Astrónomo Real y director del Observatorio de Greenwich.

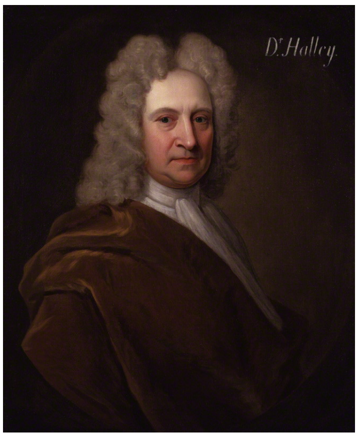


Figura 3.2: Retrato de Edmund Halley.

3.4 Isaac Newton

Isaac Newton nació el 4 de enero de 1643 en el seno de una familia campesina inglesa. Debido a la muerte de su padre antes de que el naciese tuvo una infancia muy complicada, pues el numero marido de su madre no deseaba estar al cuidado de un infante. Por este motivo, Newton paso a vivir con sus abuelos a la edad de tres años, no volviendo a Woolsthorpe Manor, su ciudad natal, hasta 1653.

De niño Newton fue una persona introvertida que no conseguia realizar amistades. Su interes por los estudios tampoco era el adecuado a pesar de ser un niño inteligente y curioso.

A los 12 años comenzó a cursar sus estudios elementales en la escuela primaria de «Grantham» para despues pasar a ingresar en el «Trinity College de la Universidad de Cambridge». En esta institucion fue donde perfecciono sus estudios sobre las matematicas bajo la tutela de Isaac Barrow. Tanto fue asi, que Newton desarrollo metodos para el calculo diferencial y el calculo integral ademas de realizar aportaciones a la fisica y la optica.

Su obra «Principios matemáticos de la filosofía natural»(1687) sirvio para asentar las bases de la fisica moderna gracias a sus leyes del movimiento y sus diversos estudios y teorias sobre la gravedad.

A la edad de 84 años, en 1727, fallecio en londres debido a una disfuncion renal. Fue enterrado con todos los honores en la Abadía de Westminster.

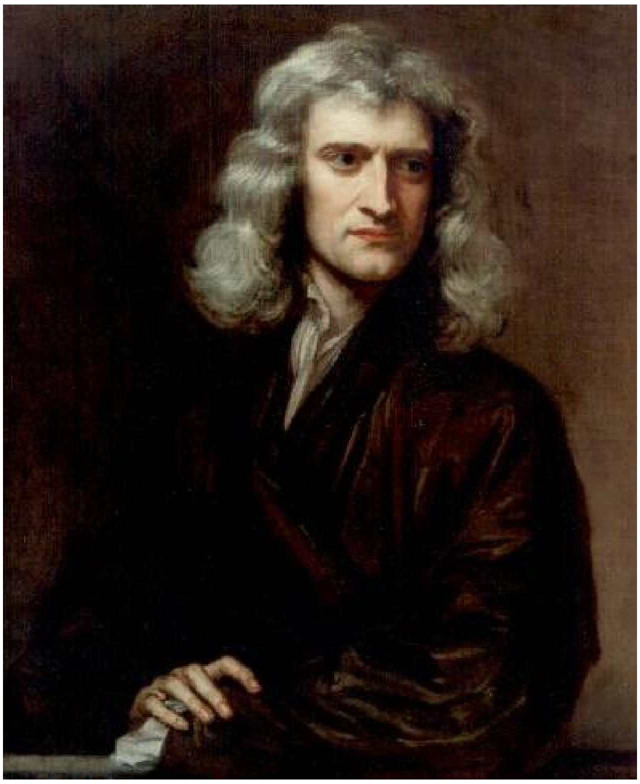


Figura 3.3: Retrato de Sir Isaac Newton.

3.5 Johannes Kepler

Johannes Kepler nació en una localidad al suroeste alemán llamada Weil der Stadt. Sus padres, Heinrich Kepler y Katherina Guldenmann fueron los impulsores de su gran interes por los planetas y los eclipses, con esto, Kepler estuvo ampliamente ligado al campo de la astronomia. Con 18 años, una edad algo tardía para la época, entro en la «Universidad de Tubinga» para realizar estudios de teología, lenguas y ciencias clásicas. Fue en esta institución y gracias a su interés por los astros que descubrió los estudios de Nicolás Copérnico que narraban su visión de un sistema solar girando alrededor de su astro luminoso.

Con 29 años, alrededor del 1600, Kepler viajo a Praga invitado por el astrónomo danés Tycho Brahe al cual acabaría relevando de su puesto como astrónomo y matemático en la corte del emperador Rodolfo II. Durante los años del 1600 al 1609, Kepler se dedicó a calcular la orbita de marte y con ello recogió en su obra «Astronomía nova» de 1609.

En 1625, Kepler realizo un articulo llamado «Tablas rudolfinas» el cual instauro durante casi un siglo el catalogo estelar y de planetas que se conocía.

A los 58 años de edad, Kepler falleció en Ratisbona en el estado de Baviera.

Figura 3.4: Retrato de Johannes Kepler.

CAPÍTULO 4

Pascal, Leibniz y sus calculadoras

El capitulo actual será empleado para indagar en la vida y obra de Blaise Pascal y Gottfried Leibniz así como el diseño y funcionamiento de las calculadoras que cada uno de ellos inventaron. Con esto, lograremos conocer ciertos factores sociales que influyeron en la creación de sus obras y seremos capaces de entender el funcionamiento de estos instrumentos para el cálculo.

4.1 Blaise Pascal

Blaise Pascal(Figura 4.1[1]) nació un 19 de junio de 1623 en el seno de una familia francesa afincada en Clermont-Ferrand y de ascendencia noble. Era el mediano de tres hermanos, dos chicas y el mismo. Trágicamente, la primera de las hermanas no llego a sobrevivir el tiempo suficiente como para coincidir con ninguno de sus hermanos. Siendo solo un niño de tres años, perdió a su madre, Antoinette Begon, durante el complicado parto de su hermana menor, dejando a su padre Étienne Pascal(Figura 4.2 como único responsable de la educación de los tres.

Figura 4.1: Retrato de Blaise Pascal, obra de François II Quesnel, copiada por Gérard Edelinck.

[1]Imagen extraída de: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12193020), copia realizada por Gérard Edelinck. CC BY 3.0,

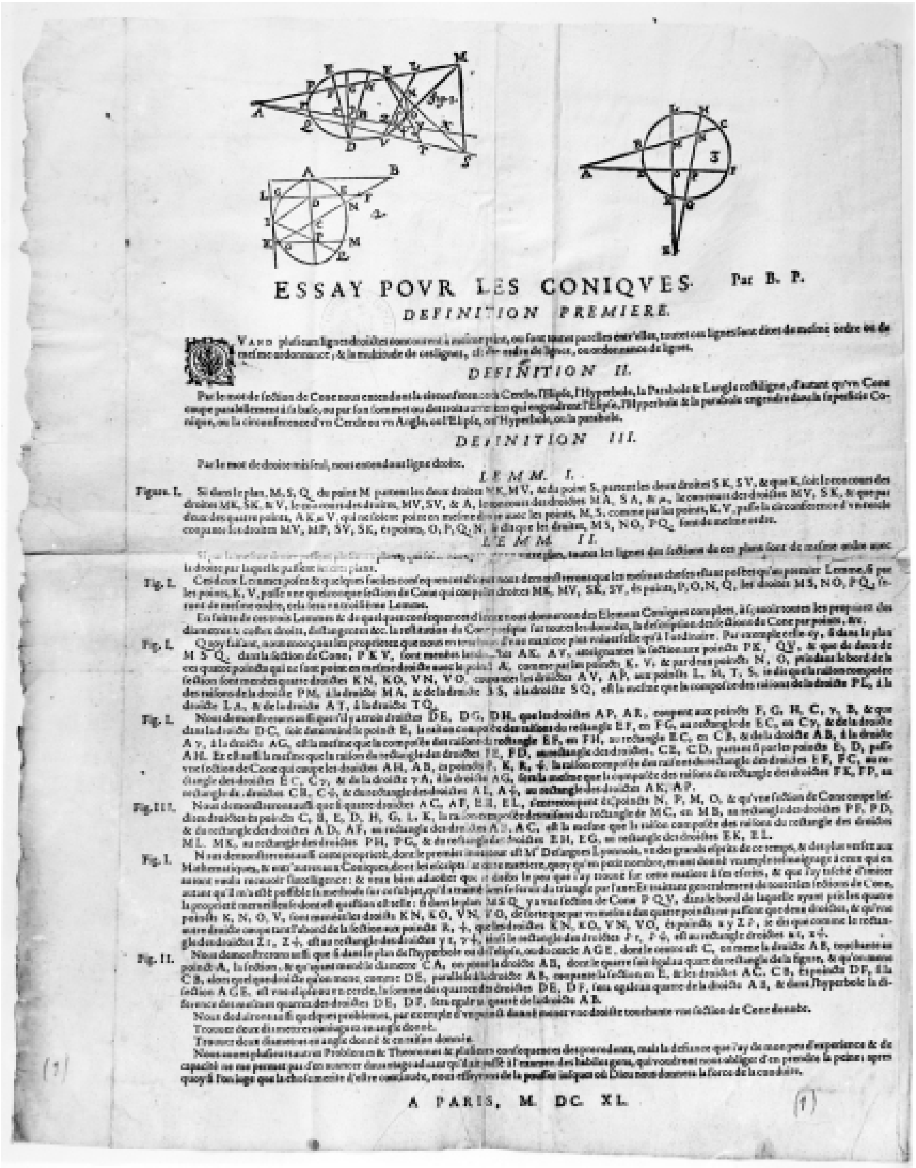
Étienne Pascal curso estudios de jurista, aunque posteriormente, destacó realmente en el campo de las matemáticas. Fue nombrado juez vicepresidente regional de la oficina de recaudación tributaria de Clermont. Con el fin de potenciar las posibilidades de mejorar los estudios de sus hijos, en especial los de Blaise, quien mostraba una brillantez y capacidad de raciocinio excepcional para un niño de su edad, Étienne traslado a toda la familia, junto a una doncella encargada del cuidado de sus hijos, a Paris en 1631. Para su hijo de mente mas preclara no quiso una educación convencional, por lo que decidió educarlo personalmente en casa como explicó su hermana Gilberte Pascal en la biografía que escribió sobre Blaise «...al morir mi madre en 1626, cuando mi hermano no tenía más que tres años, mi padre, al quedarse solo, se entregó con mayor dedicación al cuidado de la familia; y como Blaise era su único hijo varón, esta cualidad y las demás que en él observó [las grandes pruebas de inteligencia que observó en él] le llenó hasta tal punto de afecto paternal que decidió no encargar a nadie la tarea de su educación y tomó la resolución de instruirle él mismo, como en efecto hizo, pues mi hermano no tuvo nunca otro maestro que mi padre...»[14].

Inicialmente, Étienne no deseaba que su hijo se instruyese en el campo de las matemáticas, por lo que decidió que estudiase lenguas, concretamente latín y griego. Esta imposición no fue del agrado de Blaise, quien presentaba una mayor predisposición para las ciencias, y requirió en ocasiones del confinamiento en casa para que dedicase el tiempo a las materias que su padre deseaba.

Figura 4.2: Retrato de Étienne Pascal.

Como suele suceder con las mentes inquietas, la prohibición de su padre para estudiar matemáticas no hizo mas que despertar un mayor interés por este campo en Blaise Pascal. Siendo todavía un adolescente, Blaise decidió utilizar su tiempo libre para juegos para sumergirse por completo en el estudio de la geometria, con solo doce años, descubrió que los ángulos de un triangulo siempre suman 180º. Esto es especialmente impresionante dado que fue de manera casi completamente autodidacta y con notación propia para las fórmulas con las que lo descubrió. Siguió estudiando geometría en su tiempo libre hasta que a la edad de catorce años fue descubierto por su padre.

Lejos de reprimir o reprobar esta actitud de Blaise, Étienne decidió que era momento de empezar a potenciar este campo en los estudios de su hijo. Fue entonces cuando Blaise comenzó a acompañar a su padre a reuniones con otros científicos parisinos de la época como Marin Mersenne o René Descartes, que posteriormente se conocerían como «Académie Mersenne». Fruto de estas relaciones con grandes pensadores y sus propias investigaciones, Pascal publico su «Essai sur les coniques»(Figura 4.3[2]) o como fue conocido también, *Teorema de Pascal* el cual trataba sobre geometría proyectiva.


ESSAY POVR LES CONIQVES. Par B. P.

DEFINITION PREMIERE.

DEFINITION II.

DEFINITION III.

LEMME I.

LEMME II.

A PARIS, M. DC. XL.

Figura 4.3: *Essai pour les coniques*

La familia al completo se traslada de nuevo en 1640 a Ruan en la región de Normandia debido al nuevo nombramiento de su padre como Comisario Real y el traslado de sus funciones a esta región. Debido a estas nuevas responsabilidades, Étienne Pascal vio drásticamente mermado su tiempo libre el cual, en parte, lo invertía en mantenerse bien relacionado con las altas esferas de la sociedad. Blaise, no contento con el tiempo que su padre dedicaba a la familia, en 1641, decidió embarcarse en la ardua tarea de crear un

[2]Imagen extraída de: https://www.larousse.fr/encyclopedie/images/Pascal__Essai_pour_les_coniques/1314089, Ph. Coll. Archives Larousse

dispositivo que simplificase las tareas contables de su padre en la oficina de recaudación tributaria de Ruan.

Fue en 1642 cuando por fin «La Pascalina»(Figura 4.4[3]) vio la luz, aunque este primer modelo, solo era capaz de realizar operaciones de adición. Pascal no alcanzo hasta pasados tres años de intenso trabajo y estudio, y casi 50 prototipos, la capacidad para que su invento consiguiese realizar operaciones de resta. Fue entonces cuando Blaise decidió hacer publica su invención.Este dispositivo también disponía la capacidad de realizar multiplicaciones y divisiones mediante sumas y restas sucesivas, pero podía convertirse en una tarea muy laboriosa en el caso de operar con cantidades grandes.

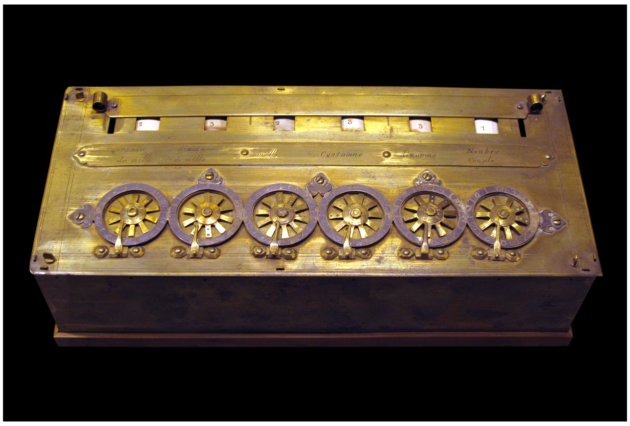


Figura 4.4: Pascalina firmada por Blaise Pascal en 1652.

Pascal prosiguió con sus estudios, pero en 1646 su padre tuvo una larga convalecencia derivada de un accidente que requirió de reposo domiciliario absoluto. Durante este tiempo, la familia estuvo relacionada con la vertiente cristiana del Janseismo por la cual la familia se vio enormemente influenciada, llegando al punto de tener que disuadir a la menor de las hermanas de su ingreso en un convento janseista como monja. Blaise nunca vio problema en proseguir con sus estudios a pesar de haberse convertido en un gran devoto del movimiento iniciado por Cornelio Jansenio puesto que consideraba que ciencia y fe no entraban en conflicto. De hecho, en 1647 publico su tratado sobre el vacío con el nombre de *Traité sur le vide*.

En 1651 falleció Étienne Pascal y es posiblemente uno de los motivos que empujo de nuevo a Jacqueline a considerar el internarse en un convento aun con la oposición de su hermano y su fallecido padre. Fue en 1652 cuando la hermana menor de Pascal se internó en el convento janseista de Port-Royal. Con su padre fallecido, su hermana mayor casada y su hermana menor haciendo vida eclesiástica en Port-Royal, Pascal empezó a tener contactos con el campo de la filosofía. Esto tampoco separo por completo a Pascal de la ciencia ya que en 1653 publico un tratado sobre la presión atmosférica y la relación que existía entre la presión y la altura.

En 1654, tras una gran depresión y una experiencia mística a raíz de un accidente en carruaje, Pascal decidió apartar de su vida todo lo que no tuviese relación con la profesión de la fe janseista y fue a partir de este momento cuando sus escritos abandonaron el ámbito científico para centrarse en el ámbito teológico. Algunas de estas obras eran «Lettres à un Provincial (Cartas provinciales)» y «L'art de persuader (El arte de convencer)(1657)».

En 1658 y haciendo uso del seudónimo Amos Dettonville(anagrama del seudónimo que utilizo en sus publicaciones teológicas, Louis de Montalte) Pascal propone con su publicación *Traité général de la roulette* una serie de nueve desafíos acerca de las propiedades

[3]Imagen extraída de: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=53246694 Rama, CC BY-SA 3.0 fr

del cicloide. Se rumorea, que este trabajo fue empleado para deshacerse de un molesto dolor de muelas.

Finalmente, a la prematura edad de 39 años, el 19 de agosto de 1662 Blaise Pascal murió en Paris como resultado de un tumor de estómago, aunque estuvo padeciendo una serie de enfermedades y dolores a lo largo de toda su vida.

4.1.1. Calculadora pascalina

Este dispositivo creado por Blaise Pascal fue su intento por hacerse rico, pero casi diez años después de su presentación publica, solo veinte unidades de esta calculadora habían sido vendidas. El problema con el que se encontró Pascal fue el arduo proceso de manufacturación de su calculadora. Todos los engranajes y mecanismos eran tanto fabricados como ensamblados manualmente, lo que encarecía enormemente el precio unitario de cada una de estas maquinas y su tiempo de confección. Otro problema que tuvo fue la falta de estandarización en el mecanismo de su calculadora puesto que entre maquina y maquina surgían variaciones de aspecto, de cantidad máxima de dígitos permitidos e incluso del mecanismo principal.Esto se puede apreciar en la figura en la que aparecen cuatro maquinas construidas por el propio Blaise Pascal y una replica realizada por Jean-Antoine Lépin(Figura 4.5[4]), un relojero nacido en Suiza en 1720.

Figura 4.5: Cuatro pascalinas y una replica realizada por Jean-Antoine Lépin. Actualmente se encuentran en el museo CNAM de Paris

Mecanismo de La Pascalina

Dependiendo de la versión del dispositivo ante la que nos encontrásemos, este podía manejar cinco, seis u ocho dígitos en total, la versión que tenia la capacidad de utilizar ocho dígitos empleaba los dos posicionados en el extremo derecho para contar dos unidades decimales.

La apariencia externa de la maquina se asemejaba a una caja de madera rectangular, alargada y achatada. En la parte superior de la calculadora(Figura 4.6[5]) es donde nos encontramos los componentes necesarios para realizar las operaciones aritméticas de suma y resta. Uno de estos componentes eran unas aberturas en la parte superior de la tapa que servían para identificar el dígito actual de cada base decimal que intervenía en la operación. Estas aberturas ocupaban dos filas, de las que solo se podía visualizar una simultáneamente ya que estaba una u otra tapada por una barra horizontal. Esta barra horizontal servia para seleccionar el tipo de operación a realizar, en caso de estar visible

[4] Imagen extraída de: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18661385, Edal Anton Lefterov, CC BY-SA 3.0

[5] Imagen extraída de: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=186079, David Monniaux, CC BY-SA 2.0

la fila inferior, la operación que podemos realizar es la de suma. En caso de visualizar la fila superior podremos realizar restas.

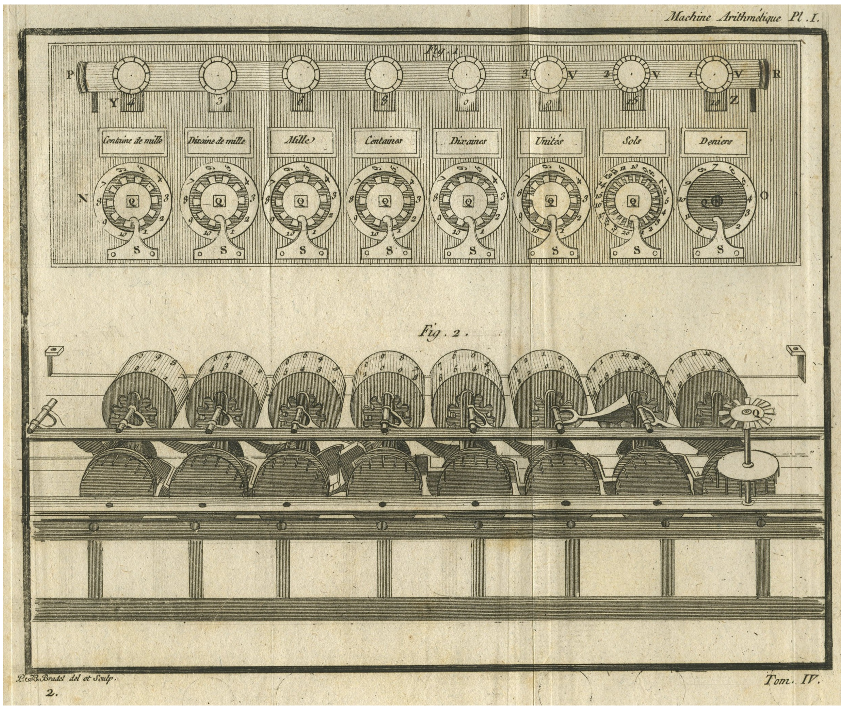


Figura 4.6: Vista superior de la pascalina junto a la cadena de engranajes que componen el mecanismo.

También nos encontramos una serie de ruedas(Figura 4.7[6]), que son las que utilizaremos para introducir en la máquina los dígitos deseados. Estas ruedas están compuestas por unos aros fijos, en el que están grabadas las cifras de la base decimal. Otro componente de las ruedas, es a su vez una rueda con aspas, con ella accionaremos los mecanismos internos para realizar las distintas operaciones.Estas ruedas con aspas solo pueden girar en el sentido de las agujas del reloj, seleccionando el hueco correspondiente al dígito a introducir y haciendo uso de un objeto con punta, moveremos la rueda hasta una varilla que hace de tope para que el mecanismo funcione. En el caso de querer introducir el número 0, al posicionarnos en su hueco, la varilla nos impedirá realizar ningún movimiento. Este último elemento que encontramos en el conjunto de la rueda de cada dígito, la varilla separadora o de tope, indica también el inicio y el fin de una vuelta completa del mecanismo.

Si pasamos a la parte interna de la máquina, nos encontramos una serie de ruedas dentadas conectadas entre si formando una cadena de transmisión y unos cilindros. Los cilindros son los elementos que muestran las cantidades a través de las filas de ventanas de la tapa superior, en la parte inferior del cilindro observamos los números que posteriormente podremos visualizar para la operación de la suma y en la parte superior encontramos los dígitos correspondientes a cada número en complemento a 9. Estos últimos números son los que podremos ver si estamos en el modo de la resta.

El complemento a 9 es un truco matemático el cual puede facilitar las restas convirtiéndolas en sumas. El complemento es la cantidad necesaria para llegar, en este caso, al número 9. Es decir, el complemento a 9 del número 3 es el número 6. En general, podemos obtener el complemento a 9 de cualquier número aplicando la formula $9 - n = m$ donde n es el número que queremos representar en complemento y m es el complemento.

[6]Imagen extraída de: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12101937, David.Monniaux, CC BY-SA 2.0.

Figura 4.7: Rueda para introducir las cantidades.

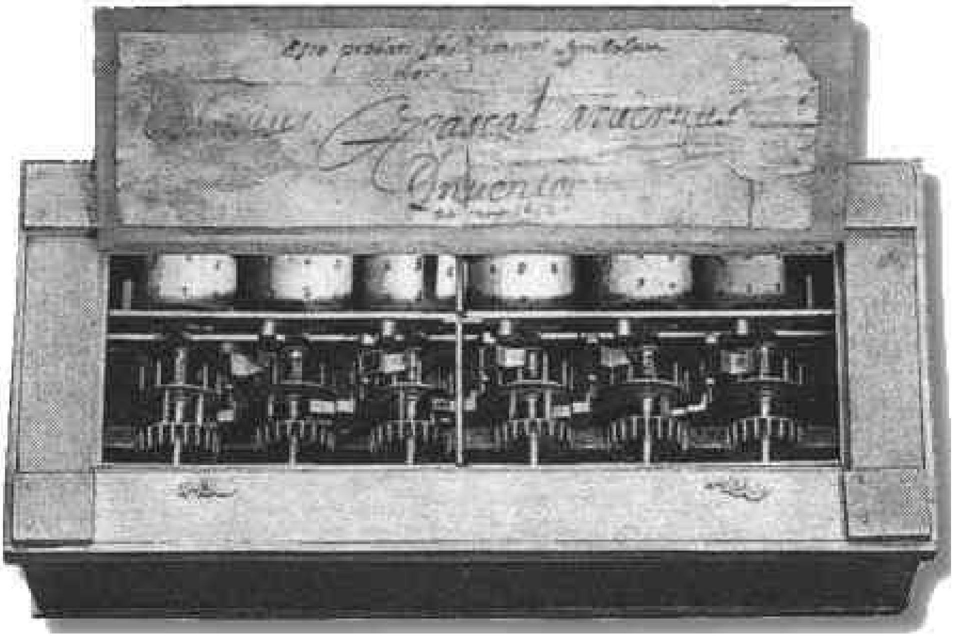


Figura 4.8: Vista interna de la calculadora «pascalina».

En la figura 4.9 podemos ver el mecanismo individual para cada dígito de manera mas detallada. El mecanismo para la rueda del dígito de menor magnitud tenía leves diferencias las cuales indicaremos mas adelante.

- En el rectángulo marcado con la letra «**A**» en color rojo vemos los engranajes de transmisión. Estos engranajes recibían directamente el movimiento de las ruedas de aspas con la cifra introducida. A su vez, estos engranajes estaban conectados a un mecanismo acumulador y a otro de acarreo de cifras.

- El rectángulo «**B**» nos muestra una palanca o trinquete que se utiliza para impedir el movimiento de los engranajes en sentido antihorario..

- La parte englobada por el rectángulo «**C**» es el mecanismo de acarreo. Este se encarga de aumentar 1 unidad de la magnitud inmediatamente superior a la del dígito que acaba de dar una vuelta completa. Estaba conectado al mecanismo acumulador mediante dos pines que tenia este en su parte trasera. Su funcionamiento se describirá con mejor detalle mas adelante.

- En el rectángulo «**D**» nos encontramos con el mecanismo acumulador. Este engranaje se encargaba de mover un piñón el cual a su vez estaba conectado al cilindro de las cifras que podemos ver en el rectángulo «**E**». Los pasos que daba este engranaje provenían directamente de los engranajes de transmisión. En el momento en el que pasábamos de la posición del 9 a la del 0, liberaba el mecanismo de acarreo para incrementar una unidad a la magnitud siguiente.

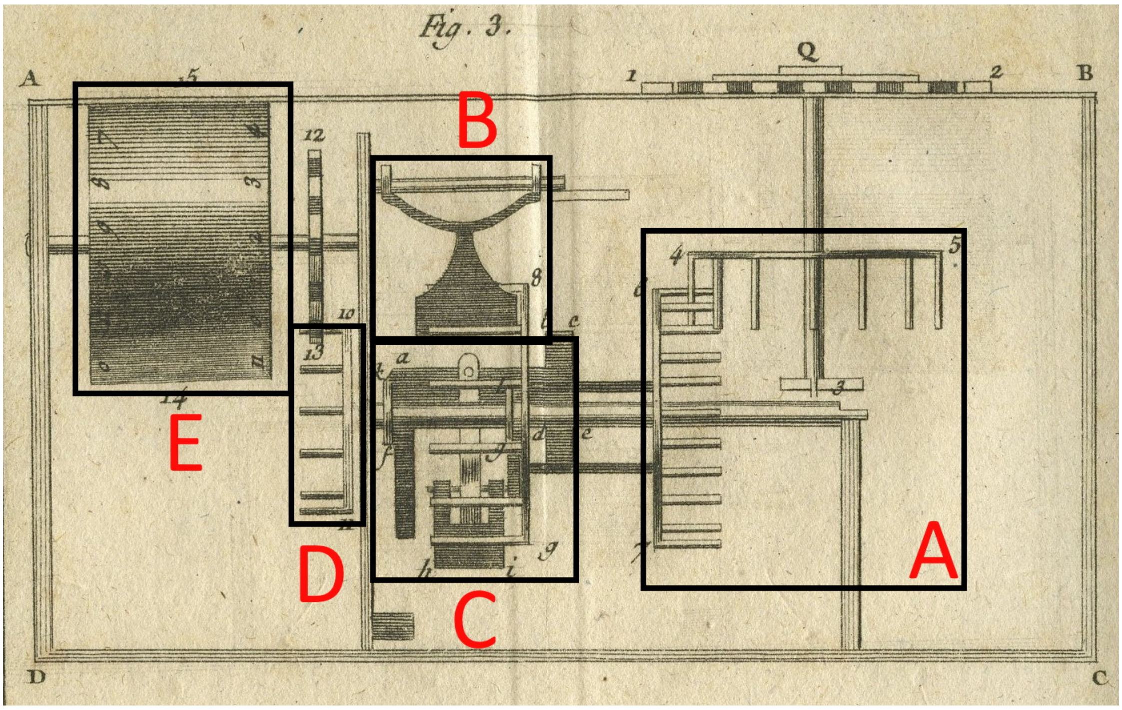


Figura 4.9: Vista lateral del mecanismo de cada dígito de la calculadora «pascalina».

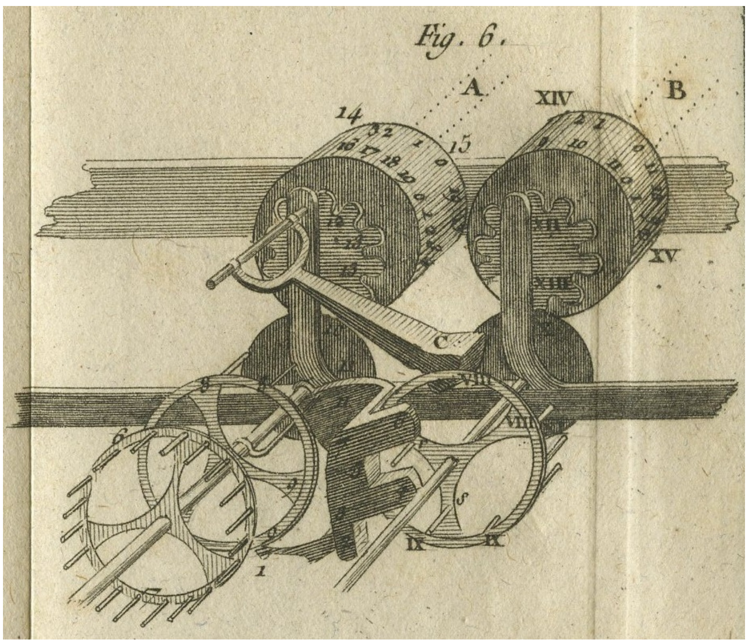


Figura 4.10: Vista isometrica del mecanismo de cada dígito de la calculadora «pascalina».

Mecanismo de acarreo

Cada vez que damos una vuelta completa a una de las ruedas de introducción de cifras, el mecanismo de acarreo es el encargado de obligar al mecanismo de la siguiente magnitud a incrementarse en una unidad. Todas las ruedas de introducción de cifras tienen este mecanismo menos el utilizado para el dígito de menor magnitud. Esto es debido a que el propio mecanismo de acarreo esta en el dígito superior, siendo los pines del acumulador del dígito que estamos incrementando los encargados de mover el acarreo y por lo tanto, la cifra de menor magnitud no tiene ninguna otra que le pase el acarreo.

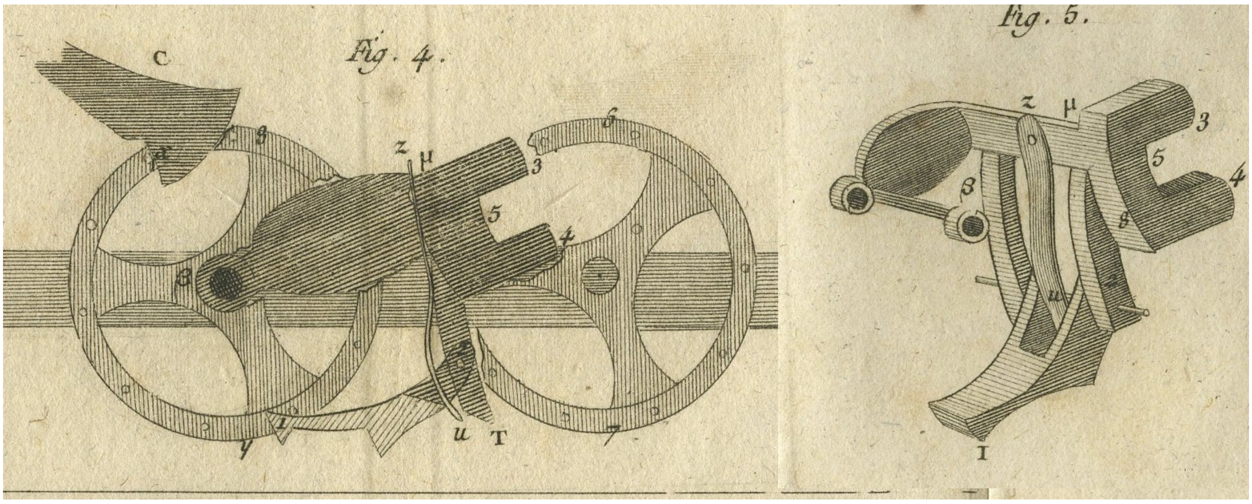


Figura 4.11: Imagen del mecanismo de acarreo

A la derecha de la figura 4.11 podemos ver como esta formado este mecanismo. Sus partes mas importantes son la pieza con forma de «**U**», la palanca inferior y el muelle que conecta ambos con la suficiente tensión como para que la palanca inferior mantenga el contacto con el acumulador siguiente. El funcionamiento estaba compuesto por tres fases:

- **Primera fase**: cuando pasamos del dígito 7 al 8, el primer pin del acumulador de la cifra que estamos incrementando entra en contacto con la parte superior de la «**U**» de la cifra siguiente y la hace ascender. A su vez, también hace retroceder la posición de la palanca inferior.
- **Segunda fase**: cuando pasamos del dígito 8 al 9, el segundo pin del acumulador de la cifra incrementada realiza la el mismo movimiento que el primer pin y hace retroceder mas la palanca inferior.
- **Tercera fase**: cuando pasamos del dígito 9 al 0, por lo que hemos dado una vuelta completa al mecanismo, los pines del dígito incrementado liberan el mecanismo de acarreo, el cual tiene la suficiente fuerza suficiente como para obligar a su acumulador a incrementarse en una unidad.

Suma

Para poder realizar sumas con la «pascalina» lo primero que debemos hacer es mover la barra separadora de cifras a su posición superior, siendo la fila inferior la visible. Una vez en el modo de suma, debemos introducir la primera cantidad en la máquina, siempre moviendo las ruedas en sentido horario y no siendo importante el orden en el que se introducen los dígitos. A continuación introduciremos la cantidad que deseamos sumar a la primera siguiendo las mismas reglas. Inmediatamente después de haber introducido la segunda cantidad veremos el resultado reflejado en las ventanas de la fila inferior. En el caso de múltiples acarreos, se efectuaran todos a la vez.

Resta

La operación de la resta es mas restrictiva a la hora de realizarla, por ejemplo, el orden de introducción de los dígitos si que tiene importancia. Mediante el uso del complemento a 9 en el momento de introducir el minuendo, podemos convertir la resta en una suma. Aun así, el proceso difiere del que realizamos para la operación de suma. Para comenzar, deberemos mover la barra separadora a su posición inferior para dejar visible la primera fila de cifras. Estando en el modo resta, para poder representar el minuendo deberemos introducir cada uno de los dígitos en su complemento a 9 empezando por el de mayor magnitud. Para representar el número 325 deberemos sumar primero 6 centenas, después 7 decenas y para finalizar, 4 unidades. Con este proceso tendríamos representado el número 325 con tantos 9 a la izquierda como dígitos libres queden. Para introducir el sustraendo, lo realizaremos también en orden de mayor a menor magnitud, pero en este caso, no los sumaremos en complemento a 9 sino que si la operación es 325 - 126, el 126 se introducirá con una unidad en las centenas, dos unidades en las decenas y seis en las unidades. Tras esto observaríamos el resultado 999199 en la calculadora, siendo despreciables los 9 a la izquierda.

Reinicio de la máquina

Tras la realización de una operación de suma o resta, para poder realizar otra, necesitamos devolver la maquina a su estado original. Por esto, estando en el modo suma, sumaremos las cifras necesarias hasta que todos los números representados en la fila inferior sean el número 9 y si a esta cifra le sumamos una unidad, la máquina volverá a mostrar todo ceros en la fila inferior y estará lista para volver a ser utilizada.

Desbordamiento

4.2 Gottfried Leibniz

Gottfried Leibniz, de nombre completo Gottfried Wilhelm Freiherr von Leibniz, nacido el 1 de julio de 1646 en la ciudad de Leipzig, la cual se situaba en Sajonia, una región al noreste alemán, fue un importante filosofo y matemático en el Siglo XVII aunque también dedico su vida al estudio de la lógica, la teología y la política.

Gottfried surgió de la tercera unión matrimonial de su padre Friedrich Leibniz con su esposa Catharina Schmuck-Leibniz. Su padre, Friedrich, fue profesor de filosofía moral en la Universidad de Leipzig, en la cual había obtenido su master y realizo labores de jurista como la practica de la abogacía o la notaría. Catharina por su parte fue una mujer de gran inteligencia y educación, hija de un abogado y profesor en leyes. Cuando Gottfried tenia tan solo 6 años, en 1652, su padre falleció legándole una extensa biblioteca donde se inició su incesante necesidad de conocimiento, siendo los libros de historia y los relacionados con los «Padres de la Iglesia»[7] los que despertaron su mayor interés. Tras la muerte de su padre, su madre y su tío asumieron la responsabilidad de su educación tanto científica como moral.

[7] Padres de la Iglesia: fueron un grupo de personalidades eclesiásticas, así como teólogos y escritores que entre el Siglo I y el Siglo VIII dedicaron su vida a la difusión de la fe cristiana.

Figura 4.12: Retrato de Gottfried Leibniz pintado por Johann Friedrich Wentzel alrededor del año 1700.

Figura 4.13: Retrato de Friedrich Leibniz.

Un año después, a la edad de siete años, Gottfried comenzó su verdadera formación académica en la prestigiosa «Escuela Nicolai». Con esta formación, sumado a la que obtuvo de manera autodidacta con los libros de la biblioteca de su padre, a la edad de doce años ya era capaz de hablar y escribir en latín, idioma que utilizó durante toda su vida y encontrándose también inmerso a esta edad en el estudio de la lengua griega. En esta época de formación académica, recibió enseñanzas en lógica aristotélica y de teoría del conocimiento, siendo complementada esta formación con estudios sobre metafísica y teología.

A los 14 años, se matriculó en leyes en la misma universidad en la que su padre estudio e impartió clases, la «Universidad de Leipzig». Dos años después, en 1663, se graduó después de haber estudiado ampliamente el campo de la filosofía, lenguas como el griego y el hebreo y el arte de la retórica[8]. La tesis que presento para superar el grado se llamó «De Principio Individui»(Figura 4.14).

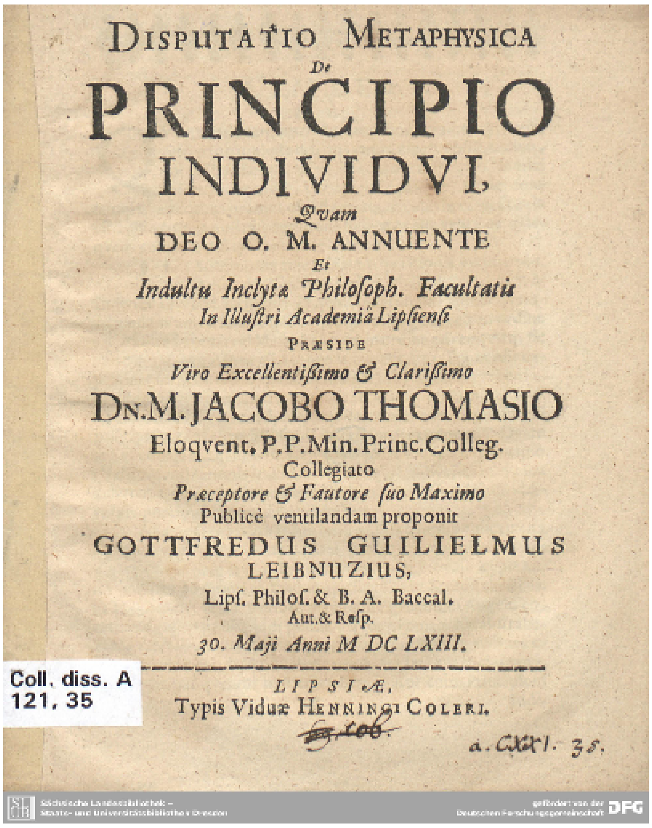

DISPUTATIO METAPHYSICA
De
PRINCIPIO
INDIVIDVI,
Qvam
DEO O. M. ANNUENTE
Et
Indultu Inclytæ Philosoph. Facultatis
In Illustri Academia Lipsiensi
PRÆSIDE
Viro Excellentissimo & Clarissimo
DN. M. JACOBO THOMASIO
Eloqvent. P.P. Min. Princ. Colleg.
Collegiato
Præceptore & Fautore suo Maximo
Publicè ventilandam proponit
GOTTFREDUS GUILIELMUS
LEIBNUZIUS,
Lips. Philos. & B. A. Baccal.
Aut. & Resp.
30. Maji Anni M DC LXIII.
LIPSIÆ,
Typis Viduæ HENNINGI COLERI.

Figura 4.14: Portada de «De Principio Individui».

A finales de 1663, Leibniz comenzó sus estudios para el doctorado en leyes en la misma universidad y recibió a título honorifico el Master en Filosofía a raíz de una conferencia que impartió con gran aceptación sobre filosofía y estudio de leyes. En 1666 publicó un ensayo llamado «Dissertatio de arte combinatoria» en el cual intentaba codificar el mundo real y los conocimientos contenidos en el con simples números, letras, etc. Leibniz tuvo que esperar hasta 1667 para poder obtener su doctorado en leyes en la «Universidad de Altdorf» tras el rechazo por parte de la «Universidad de Leipzig».

Dando por acabada su formación ligada a instituciones académicas y rechazando ofertas de trabajo en el mismo ámbito, Leibniz comenzó a trabajar para diversas familias de la alta sociedad. Entre los años 1666 a 1674, tras realizar trabajos como alquimista(área que no dominaba), entro al servicio de la «Casa de Schönborn» donde pronto cayó en gracia del elector de Maguncia Juan Felipe von Schönborn quien le contrato como asistente años antes de fallecer en 1672. Tras el fallecimiento del elector, Gottfried se dedico al cuidado de su viuda pero al haber visto reducidas sus tareas, realizo diversos viajes en los que conoció a científicos e intelectuales de esas ciudades. La primera de ellas fue Paris donde fijó su residencia y posteriormente conoció a Malebranche y Arnauld. Fue también en la ciudad de Paris donde conoció a los matemáticos Ehrenfried Walther von Tschirnhaus y Christiaan Huygens los cuales constituyeron pilares esenciales en el progreso de Leibniz en el campo de las matemáticas.

[8] Retórica: disciplina centrada en el estudio de la forma y las propiedades del lenguaje.

En 1673, en un viaje a Londres, presentó ante la «Royal Society» uno de sus primeros prototipos de su máquina calculadora(Figura 4.15[9]), la cual era una versión inacabada de un dispositivo capaz de sumar, restar, multiplicar y dividir y tras lo que, no sin ciertas reticencias, fue aceptado como miembro externo de esta sociedad. Gracias a esta, consigo acceder a manuscritos de Pascal y Descartes. Fue poco después cuando sus intereses cambiaron en dirección al cálculo infinitesimal, dejando de lado la finalización de su máquina calculadora y perdiendo el favor de la «Royal Society».

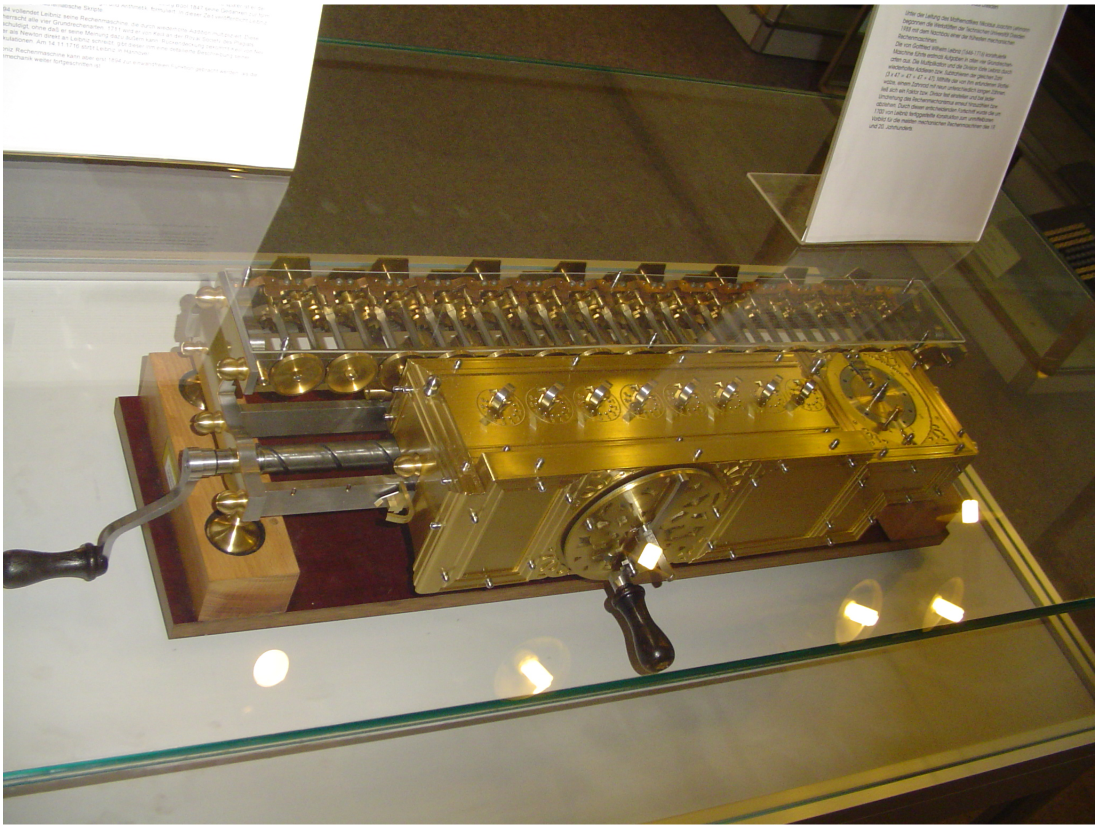


Figura 4.15: Máquina de Leibniz.

Entre los años 1676 y 1716 se dedicó al servicio de la «Casa de Hannover» realizando funciones de consejero. En 1677, Gottfiend fue nombrado consejero privado de justicia, trabajo el cual desarrollaría ya durante el resto de su vida. Fue por este cargo por lo que se dedicó a labores de historiador, bibliotecario y consejero de tres generaciones de electores de la «Casa Brunswick». Los integrantes de esta casa veían con buenos ojos los esfuerzos que Leibniz dedicaba a sus estudios matemáticos, lógicos, físicos y filosóficos por lo que no tuvieron ningún inconveniente en que dedicase gran parte de su tiempo a estos. En 1677 también y tras un estudio de aproximadamente tres años, Leibniz ya había desarrollado un sistema coherente de cálculo.

Entre 1682 y 1692, Leibniz publicó diversos artículos en una revista llamada «Acta Eruditorum»(Figura 4.16). Esto contribuyo enormemente en el incremento de reputación científica y matemática. Entre estos artículos encontrábamos sus estudios sobre el cálculo diferencial.

Entre el año 1687 y 1890 Gottfriend Leibniz realizo diversos viajes por Alemania, Austria e Italia en la búsqueda de información de archivo sobre la familia Brunswick para la redacción de un libro que recopilase la historia de esta familia. Esta tarea fue encomenda-

[9]Imagen extraída de: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=925505, Kolossos, CC BY-SA 3.0.

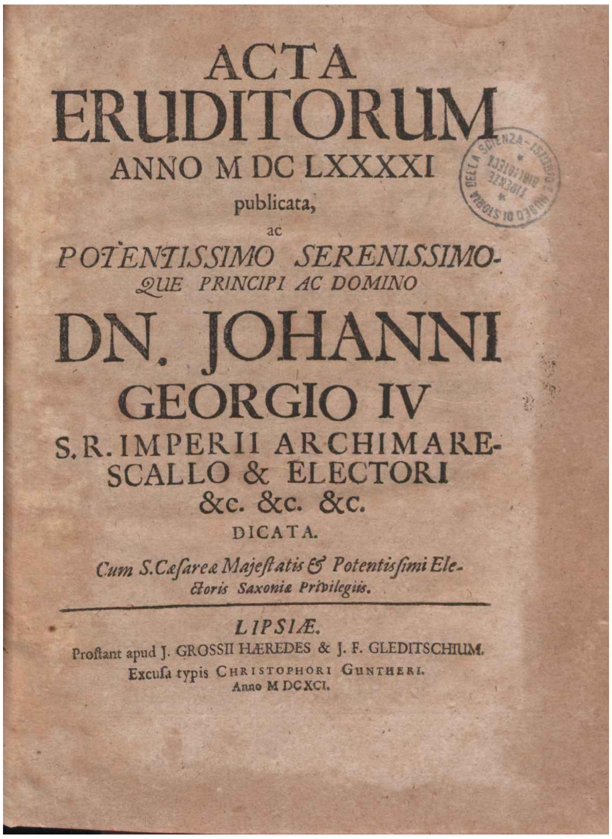

ACTA
ERUDITORUM
ANNO M DC LXXXXI
publicata,
ac
POTENTISSIMO SERENISSIMO-
QUE PRINCIPI AC DOMINO
DN. JOHANNI
GEORGIO IV
S. R. IMPERII ARCHIMARE-
SCALLO & ELECTORI
&c. &c. &c.
DICATA.
Cum S. Cæsareæ Majestatis & Potentissimi Ele-
ctoris Saxoniæ Privilegiis.
LIPSIÆ.
Prostant apud J. GROSSII HÆREDES & J. F. GLEDITSCHIUM.
Excusa typis CHRISTOPHORI GUNTHERI.
Anno M DCXCI.

Figura 4.16: Portada de «Acta Eruditorum».

da por el elector actual, Ernesto Augusto. Debido a la meticulosidad en la redacción de Leibniz, pasaron décadas y el proyecto no concluyo, pero fue mas tarde cuando se supo que con la información recopilada podía llenar tres volúmenes de documentación.

En 1701, Leibniz publico sus estudios y métodos para el uso del sistema de numeración en base 2 llamado binario. Este sistema esta ampliamente relacionado con el mundo de la informática y la electrónica. Lo publico en 1701 pero realmente estos métodos ya los había perfeccionado para el año 1679. Podemos ver en la figura 4.17 un artículo de 1703 sobre el sistema binario publicado como «Explication de l'Arithmétique Binaire».

Fue el calculo infinitesimal el campo en el que tuvo problemas con Isaac Newton y es que en 1711 John Keill acuso a Leibniz de plagio en sus publicaciones sobre el cálculo infinitesimal. Esta acusación fue publicada a modo de artículo en la revista de la «Royal Society». Aunque finalmente se concluyó que ambos habían alcanzado la misma conclusión mediante el uso de diferentes metodologías y notaciones, esta acusación mermo enormemente la reputación científica de Gottfried.

En 1712, Gottfried se trasladó a Viena donde posteriormente, en 1713, fue nombrado consejero de la corte imperial de Habsburgo. En 1714, con el nombramiento de Jorge I de Gran Bretaña comenzó la decadencia social de Leibniz. Jorge I no permitió a Leibniz acompañarlo a Londres por los problemas con Newton, el cual estaba mejor posicionado en las esferas sociales y científicas de Londres. Esto llevo a Leibniz a trasladarse de nuevo a Hannover para acabar muriendo el 14 de noviembre de 1716 prácticamente desahuciado de la comunidad científica.

Gottfried Wilhelm Freiherr von Leibniz es considerado uno de los últimos genios multidisciplinares puesto que las lecciones academicas que se empezaron a impartir posteriormente se centraban en la especialización en algún campo.

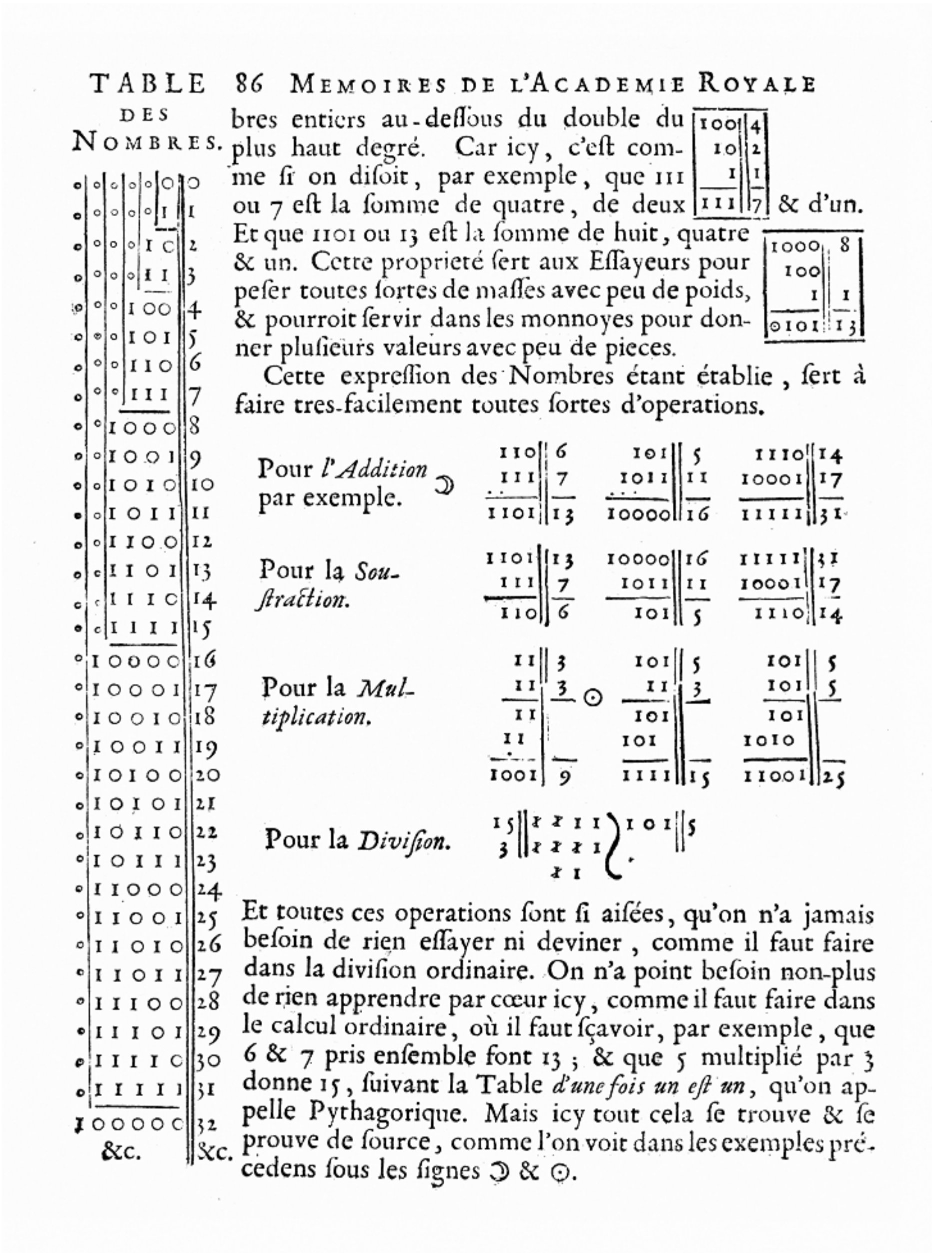


TABLE DES NOMBRES. 86 MEMOIRES DE L'ACADEMIE ROYALE

0	0
1	1
10	2
11	3
100	4
101	5
110	6
111	7
1000	8
1001	9
1010	10
1011	11
1100	12
1101	13
1110	14
1111	15
10000	16
10001	17
10010	18
10011	19
10100	20
10101	21
10110	22
10111	23
11000	24
11001	25
11010	26
11011	27
11100	28
11101	29
11110	30
11111	31
100000	32
&c.	&c.

bres entiers au-dessous du double du plus haut degré. Car icy, c'est comme si on disoit, par exemple, que 111 ou 7 est la somme de quatre, de deux & d'un. Et que 1101 ou 13 est la somme de huit, quatre & un. Cette proprieté sert aux Essayeurs pour peser toutes sortes de masses avec peu de poids, & pourroit servir dans les monnoyes pour donner plusieurs valeurs avec peu de pieces.

100	4
10	2
1	1
111	7

1000	8
100	
1	1
1101	13

Cette expression des Nombres étant établie, sert à faire tres-facilement toutes sortes d'operations.

Pour l'*Addition* par exemple.

110	6	101	5	1110	14
111	7	1011	11	10001	17
1101	13	10000	16	11111	31

Pour la *Soustraction.*

1101	13	10000	16	11111	31
111	7	1011	11	10001	17
110	6	101	5	1110	14

Pour la *Multiplication.*

11	3	101	5	101	5
11	3	11	3	101	5
11		101		101	
11		101		1010	
1001	9	1111	15	11001	25

Pour la *Division.* 15 \| 1111 ; 3 \| 11 ; 101 \| 5

Et toutes ces operations sont si aisées, qu'on n'a jamais besoin de rien essayer ni deviner, comme il faut faire dans la division ordinaire. On n'a point besoin non-plus de rien apprendre par cœur icy, comme il faut faire dans le calcul ordinaire, où il faut sçavoir, par exemple, que 6 & 7 pris ensemble font 13; & que 5 multiplié par 3 donne 15, suivant la Table *d'une fois un est un*, qu'on appelle Pythagorique. Mais icy tout cela se trouve & se prouve de source, comme l'on voit dans les exemples précedens sous les signes ☽ & ☉.

Figura 4.17: Artículo «Explication de l'Arithmétique Binaire» de Leibniz(1703).

4.2.1. Máquina de Leibniz

Fue en el año 1670 cuando Gottfriend Leibniz, después de muchos años soñando con la creación de una máquina lógica, empezó a trabajar en su calculadora. El inicio de este proyecto fue influenciado por la creencia de que la máquina construida por Blaise Pascal podía ser modificada y mejorada para realizar de manera mas eficiente las operaciones de multiplicación y división. En la figura 4.18, datada su creación en 1865, nos encontramos con uno de los primeros bocetos de Leibniz, en este, las ruedas que encontramos en la posición inferior de la imagen corresponden al grupo de «Rota multiplicantes» en el cual deberemos introducir las cifras del multiplicador. En el grupo de ruedas central, en el que podemos ver inscrito «Rota multiplicando» y seria el conjunto en el que introduciríamos la cantidad correspondiente al multiplicado. El último grupo que podemos observar, es el que se encuentra en la posición superior de la imagen y estaba marcado como «Rota Additionis» donde tras hacer uso del mecanismo de transmisión con cadenas podremos observar el resultado. Podemos apreciar en la imagen que las ruedas de «Rota multiplicantes» son de diámetros distintos al resto, esto era para, haciendo uso de la distinta relación de movimiento entre ruedas, poder incrementar diversas magnitudes con este mecanismo.

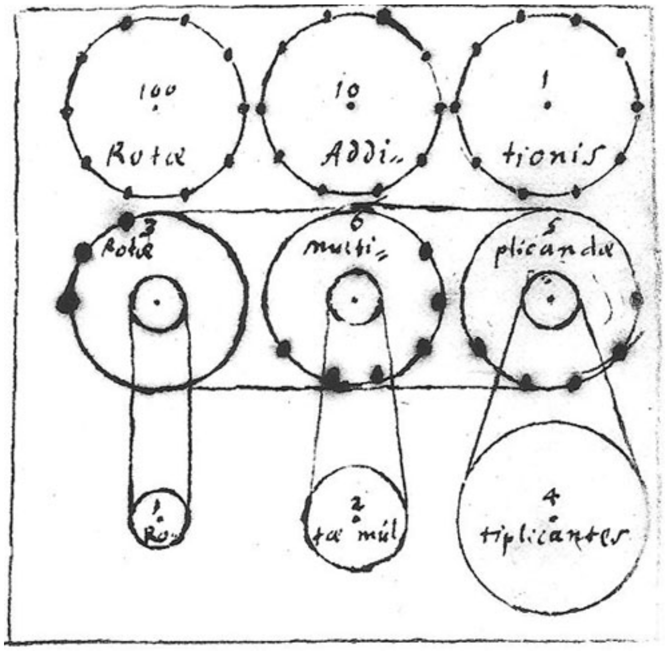


Figura 4.18: Boceto del primer mecanismo inventado por Leibniz para la multiplicación y división.

Leibniz no tardo mucho en darse cuenta que este boceto presentaba muchas limitaciones para la correcta realización de las cuatro operaciones básicas y fue entonces cuando empezó a desarrollar su idea de «rueda escalonada» o «stepped reckoner».

Mecanismo

La autentica revolución que permitió a Gottfried Leibniz la realización de su máquina calculadora fue la invención de la «rueda escalonada».

En la figura 4.19 podemos ver un boceto de esta rueda con sus distintos componentes etiquetados con letras. Haremos uso de estas letras para enfatizar a que pieza nos estamos refiriendo.

Nos centraremos inicialmente en el cilindro etiquetado con la letra «S». Esta era la parte principal de la rueda escalonada, se trataba de un cilindro con escalones de distintas longitudes asociados a distintos números comprendidos entre 0 y 9. Los escalones de mayor longitud correspondían a los números mas pequeños siendo el escalón del 0 el mas largo y el del 9 el mas corto. La pieza «S» estaba directamente conectada a la varilla dentada «M» la cual se encargaba de desplazar el cilindro «S» hacia arriba o abajo en el plano horizontal. Este movimiento se producía gracias a la acción del operario de la máquina sobre la rueda «D» al seleccionar los números de entrada. El engranaje etiquetado como «E» hacia de puente para la transmisión del movimiento producido por el operario entre la pieza «D» y la varilla dentada «M». La ultima parte de la rueda escalonada la componían una serie de engranajes con posición fija que podemos ver etiquetados como «F», «R» y «P». El grupo formado por las piezas «R» y «P» constituyen el dispositivo a través del cual podremos observar los distintos resultados de las operaciones. Este grupo esta conectado con el engranaje «F» el cual dependiendo de la posición del cilindro

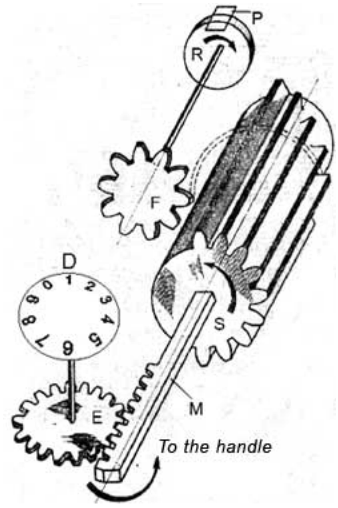


Figura 4.19: Boceto de la «rueda escalonada».

escalonado y el sentido de giro del mismo, realizaba las operaciones de incremento o decremento que vislumbramos a través de «P».

Para poder utilizar su «Rueda escalonada» en operaciones que implicasen cifras con mas de un dígito, Leibniz tuvo que añadir un sistema de acarreo capaz de incrementar unidades a otras posiciones. Por desgracia, a diferencia del mecanismo de acarreo de la «pascalina», la máquina de Leibniz no podía realizar todos los acarreos de forma automática, requiriendo en ocasiones de intervención manual.

En la figura 4.20[10] podemos ver el mecanismo mínimo implementado para la realización de los acarreos, esta vez etiquetados con distintos números. Las piezas con los números «4», «5» y «6», así como los diales asociados a la pieza «5» son las que componen la rueda escalonada básica que hemos detallado anteriormente. El elemento etiquetado como «1» es conocido como «Magna rota» y pudimos verlo en la parte central de la figura 4.15. Esta rueda con una palanca era la encargada de accionar el giro de la rueda escalonada haciendo uso de los engranajes etiquetados como «2» y a su vez, también accionaba el mecanismo de acarreo a través de los engranajes etiquetados como «3».

La parte de este mecanismo que realmente realiza la función de acarreo estaba compuesto por las piezas con las etiquetas comprendidas entre el número 7 y el número 14. Cuando intentamos incrementar en una unidad un dígito con el valor 9, comienza el proceso de acarreo. Partiendo de los engranajes mas a la derecha, pasamos a detallar los pasos que siguen:

- El primer movimiento realizado por el mecanismo de acarreo es el de giro en el sentido antihorario de la varilla «7» que hace girar al engranaje con forma de estrella «8» una posición hacia su derecha.

- La estrella «8» a su vez y mediante la varilla que las conecta, hace que la pieza «11» realice también un giro hacia la derecha.

- Tenemos una reacción en forma de giro en sentido antihorario de la rueda «10» debido al movimiento de la estrella «11». Esto provoca también que la varilla con palanca «12» realice un giro en mismo sentido que «10».

[10]Imagen «The tens carry mechanism» de Aspray, W., extraída del la publicación «Computing Before Computers»

- Este movimiento de la pieza «12» provoca un incremento en la estrella «11» y con ello, lo provoca tambien para el dígito siguiente al realizar tambien un movimiento en sentido horario la rueda «13» de este dígito.

Es tras realizar este proceso de acarreo el momento en el que se acaba el acarreo automático. Con la finalización de los movimientos de los engranajes, la pieza pentagonal etiquetada como «14» rota su posición para indicar, que ese dígito ya no dispone de acarreos automático. Estas piezas con forma de pentágono tenían dos posiciones. En la posición inicial, la parte triangular del pentágono apuntaba completamente hacia abajo, lo que indicaba que se había realizado un acarreo automático correctamente. Si la posición del pentágono se veía alterada, significaba que se requería de intervención manual para realizar los acarreos. Esta operación se realizaba girando el pentágono hasta la posición en que la punta este mas baja tantas veces como sea necesario. La dirección en la que debía girarse el pentágono estaba determinada por el tipo de operación que estuviésemos realizando, adición o substracción.

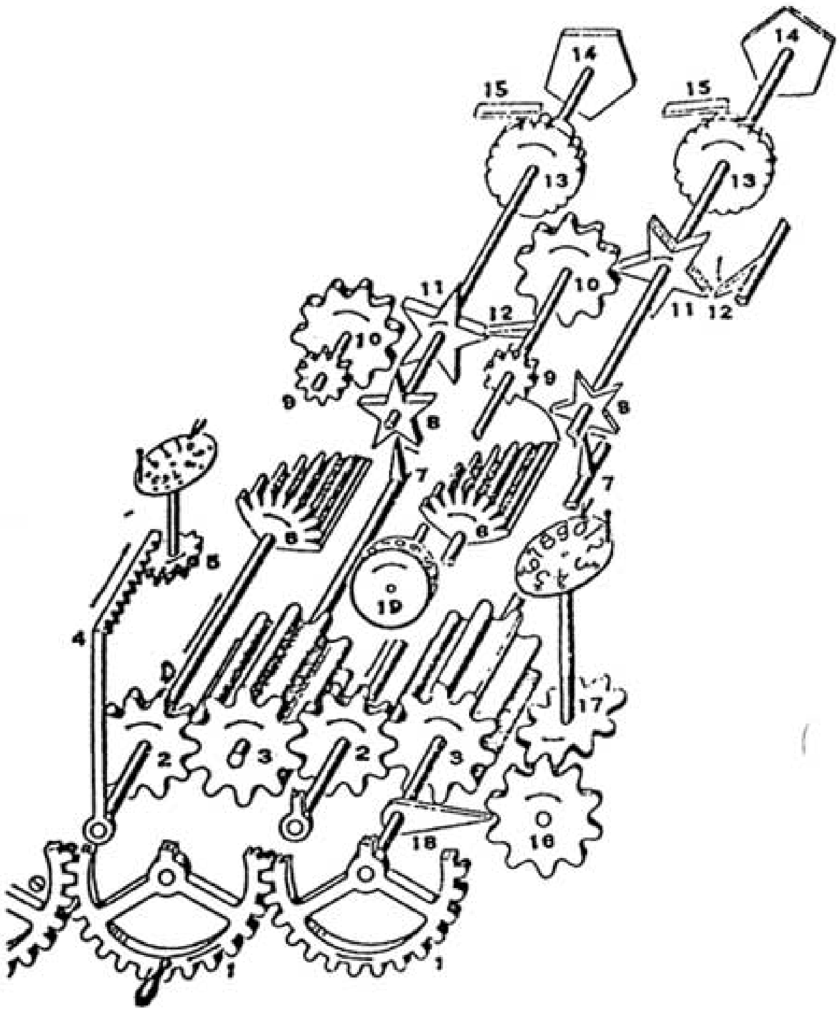


Figura 4.20: Mecanismo de acarreo de la «Rueda escalonada».

Con la acumulación de estos mecanismos ensamblados correctamente, junto con el accionamiento que conseguimos gracias a la rueda «Magna rota», dispondremos ya de una primera versión de la calculadora capaz de realizar las mismas operaciones que la de Pascal, sumas y restas.

No obstante, este no era el único funcionamiento que se esperaba de la máquina de Leibniz, este dispositivo debía ser capaz también de realizar operaciones de multiplicación y división. A fin de dotar a su máquina de estas capacidades, Leibniz agrego mas mecanismos a su calculadora. Como podemos ver en la figura 4.21, ahora la calculadora se dividía en dos partes principales, la «pars mobilis» y la «pars inmmobilis» o parte móvil e inmóvil respectivamente.

En la «Pars immobilis» ahora se encuentran los engranajes y mecanismos encargados del transporte de acarreos y la parte utilizada para la visualización de los números. La máquina original de Leibniz tenia la capacidad de mostrar un total de 16 dígitos. La «Pars mobilis», como indica su nombre, tenia la capacidad de desplazarse varias posiciones tanto a izquierda como a derecha gracias al accionamiento de una palanca unida a un mecanismo de husillo o tornillo. Esta palanca la podemos ver en la parte izquierda de la figura 4.21. La «Pars mobilis» tambien albergaba la parte de la rueda escalonada encargada del conteo. Es esta figura tambien podemos observar un nuevo mecanismo añadido a la maquina final llamado «Rota magnuscula», servia para limitar la cantidad de sumas o restas sucesivas que podemos realizar en cada posicion de la «Pars mobilis» con la «Magna rota».

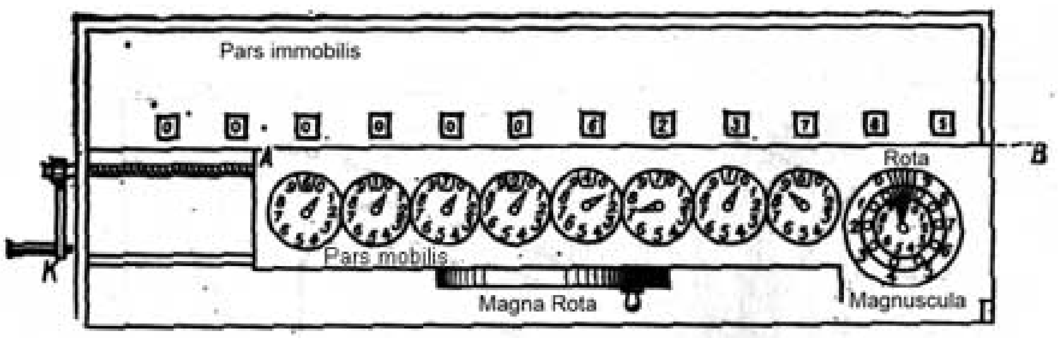


Figura 4.21: Vista superior de la máquina de Leibniz.

La «Rota magnuscula» estaba compuesta por tres aros concéntricos. El primero y el último eran piezas fijas que tenían grabados los números de la base decimal. El mas externo, tenia sus números grabados en negro y en sentido antihorario, estos servían para realizar la multiplicación. En el caso del aro mas interno, teníamos grabados los números en rojo y el sentido horario y los utilizábamos como apoyo para la operación de división. Este mecanismo era accionado a través de cada movimiento completo de la «Magna rota» mediante el uso de los engranajes marcados como «16», «17» y «18» que observabamos en la figura 4.20.

Funcionamiento

Cuando queríamos realizar una operación de suma, lo primero que debíamos hacer era introducir en los diales de entrada de la «Pars mobilis» la primera cifra con la que queríamos operar. Tras esto, realizábamos una vuelta completa con la palanca de la «Magna rota» y ya podíamos visualizar la cantidad representada en las distintas ventanas de la «Pars immobilis» habilitadas para ello. Como todavía no hemos realizado realmente la operación de suma, sino que solo hemos introducido uno de los operandos, todavía no tenemos ningún acarreo que requiera de interacción con el operador. Posteriormente, indicaremos la segunda cantidad interviniente en los diales de entrada y de nuevo daremos una vuelta completa en el sentido de la suma a la «Magna Rota». Con este proceso, seríamos capaces de ver el resultado final siempre y cuando no se requiera de un acarreo manual. En caso de requerirse acción manual sobre el acarreo, moveremos el pentágono en el mismo sentido que hemos movido la «Magna Rota».

El proceso para llevar a cabo restas con la máquina de Leibniz es idéntico al proceso de suma salvo porque el sentido en el que giraremos la «Magna Rota» es el contrario, al igual que el sentido necesario para realizar los acarreos manuales.

Para poder realizar multiplicaciones, como hemos comentado con anterioridad, necesitamos realizar una serie de sumas sucesivas. Este método de sumas sucesivas lo podemos representar como se aprende actualmente en los colegios las multiplicaciones con mas de una cifra(Figura 4.23).

```
     7327
     x245
    -----
    36635
   29308
 +14654
 --------
  1795115
```

Figura 4.22: Multiplicación escalonada.

Entonces, para multiplicar, lo primero que debemos hacer es situar la «Pars mobilinas» en su posición mas a la derecha haciendo uso si es necesario de la palanca encargada de su desplazamiento. Después, introducíamos en las ruedas de entrada los distintos dígitos que compondrían la primera cantidad interviniente en la multiplicación. Seguidamente, debíamos, haciendo uso de un utensilio capaz de introducirse en los agujeros del aro central de la «Rota magnuscula», marcar la posición del dígito de menor magnitud en la posición indicada por los números negros de la «Rota magnuscula». Ahora ya podemos girar la manivela de la «Magna rota» hasta que el mecanismo haga tope con la varilla o utensilio utilizado en la «Rota magnuscula». Una vez alcanzado el tope, debemos desplazar la «Pars mobilis» una posición hacia la izquierda. Para cada dígito siguiente, repetiremos el proceso de marcado de la «Rota magnuscula», giro de la «Magna rota» en sentido horario hasta hacer tope y por ultimo desplazar la «Pars mobilias» una posicion a la izquierda.

Para la división, primero deberemos recordar las restas que realizábamos en papel y con esto reproducir el proceso de restas sucesivas comentado con anterioridad.

```
323  |14
 43  +----
  1   23
```

Figura 4.23: Proceso de división en papel.

Por lo tanto, para realizar la división, debemos primeramente introducir la cantidad del dividendo. Para esto introduciremos al igual que hicimos en la suma la cantidad que representa al dividendo en la «Pars immobilis». Además, si deseamos obtener decimales, partiendo de la posición mas a la derecha, moveremos tantas posiciones a la izquierda la «Pars mobilis» como decimales deseemos. Ahora, tras introducir el divisor en las ruedas de entrada de la «Pars mobilis» debemos alinear el dígito de mayor magnitud del dividendo con el del divisor. Por último, debemos tapar el agujero de la «Rota magnuscula» correspondiente al 0. Con esto, estaremos preparados para realizar las restas sucesivas. Realizamos el primer giro de la «Magna rota», si el primer dígito del dividendo sigue siendo mayor que el primer dígito del divisor realizaremos mas giros de la palanca, si no, moveremos la «Pars mobilis» una posición hacia la derecha. Con los giros sucesivos de la «Magna rota» hemos movido la posición del tope de la «Rota magnuscula», siendo el numero en el que este posicionado el primer digito de nuestro resultado. Seguiremos realizando esta operación hasta encontrarnos con un dividendo menor que el divisor excepto en el caso de que al ir a realizar el primer giro para esa posición de la «Pars mobilis», los dígitos del dividendo que intervienen en esta resta sean menores que los del divisor, en cuyo caso añadiremos un 0 a los dígitos del resultado y seguiremos con el proceso. En caso de haber desplazado originalmente alguna posición para obtener decimales, al resultado obtenidos tendremos que desplazarle una coma de decimales tantas posiciones como decimales hubiésemos deseado.

CAPÍTULO 5
Scratch

Utilizaremos el capitulo en el que nos encontramos para hacer una breve introducción a lo que es Scratch y que características para la programación nos ofrece. También lo utilizaremos para describir el proceso llevado para completar los emuladores para las calculadoras de Pascal y Leibniz implementados en Scratch.

Como se ha podido observar a lo largo de todo el trabajo, hemos utilizado siempre el termino emulador y no simulador para referirnos a los proyectos realizados en Scratch. Esto es debido a que un emulador es aquel software que permite hacer uso de una maquina en este caso, intentado replicar el funcionamiento de la misma como si de la original se tratase. Aunque no hemos implementado los mecanismos internos como tal, si que hemos conseguido que se comporten las calculadoras como lo harían las originales.

5.1 Introducción a Scratch

En Scratch no solo encontramos un lenguaje de programación visual sino toda una comunidad social centrada en la comunidad estudiantil. Se centra en este publico en particular debido a que podemos crear juegos y animaciones sin necesidad de escribir ni una sola línea de código.

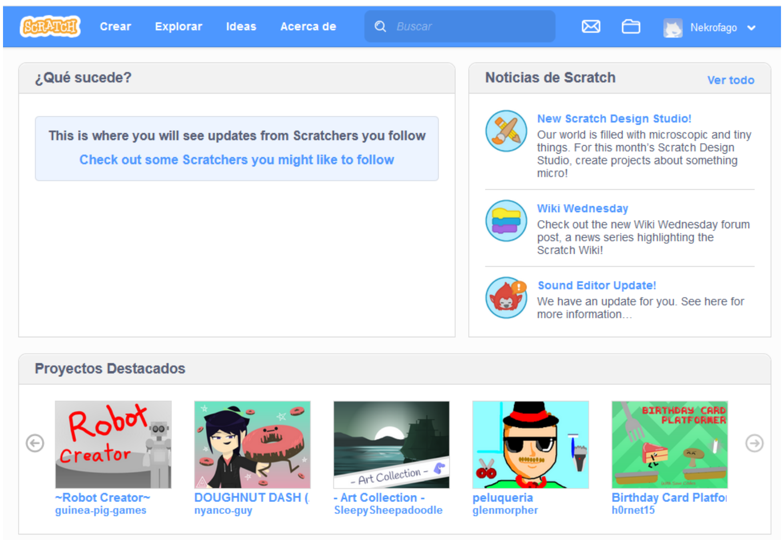


Figura 5.1: Pantalla principal de Scratch.

Scratch nació en el año 2003 desarrollado por un grupo de investigación del MIT con la convicción de que seria de gran ayuda a la hora de fomentar el pensamiento lógico en los mas pequeños. Actualmente, Scratch esta siendo desarrollado de manera exclusiva por su equipo inventor, no obstante, en un futuro, planean liberar el código para que todo el mundo pueda adaptarlo a sus propias necesidades.

Simplemente registrándonos en la página web tendremos acceso a todas las características que ofrece Scratch para el diseño de las diferentes animaciones, presentaciones o juegos que queramos realizar. Una vez registrados y habiendo creado un nuevo proyecto, nos encontraremos con una interfaz amigable en la que todo se tiene que realizar con interacción del ratón.

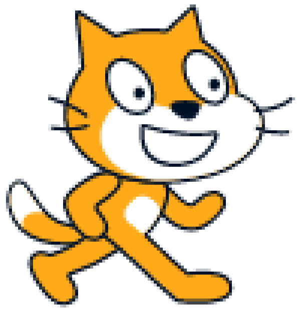


Figura 5.2: Disfraz por defecto de un nuevo proyecto.

Los objetos que realizaran posteriormente las acciones son denominados con «Disfraces» en Scratch. Estos disfraces pueden ser imágenes importadas o creadas directamente en el editor habilitado en la web. A estos objetos, podremos añadirle los bloques de código(Figura 5.5) para que se realicen acciones. Tambien disponemos de «Escenarios», los cuales podremos modificar para añadir transiciones entre niveles.

Estos bloques son:

- Movimiento: Aquí encontraremos todas las posibles acciones que impliquen el desplazamiento o rotación de un objeto.

- Apariencia: Podremos seleccionar estas acciones para modificar el tamaño del objeto, cambiar entre sus distintos disfraces y hacer aparecer o desaparecer el objeto entre otros.

- Sonido: Estos bloques sirven para poder reproducir sonidos o alterar su volumen.

- Eventos: Los eventos son un tipo de mensaje que permite la interacción entre distintos objetos. Tenemos bloques para el envío y recepción de estos mensajes. El evento mas importante es el que salta siempre al iniciar el proyecto.

- Control: Este es uno de los grupos mas importantes cuando un proyecto empieza a cobrar complejidad. En el encontraremos distintas estructuras de repetición o de acceso con el cumplimiento de alguna condición.

- Sensores: Los bloques de código que componen este grupo sirven para detectar cambios originados en el proyecto. Sirven por ejemplo para detectar teclas pulsadas.

- Operadores: Aqui encontraremos todas las operaciones aritmético-logicas que nos permite realizar Scratch.

- Variables: Nos permiten generar contenedores numéricos con los que después tomaremos los valores para realizar cualquier tipo de operación.

- Mis bloques: En este grupo podremos crear distintas agrupaciones de bloques para realizar acciones y así ganamos la capacidad de reutilizar çódigo".

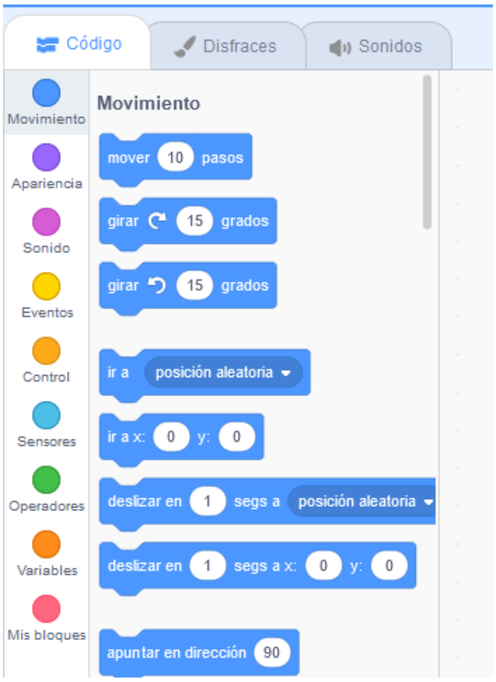


Figura 5.3: Bloques de acciones de Scratch.

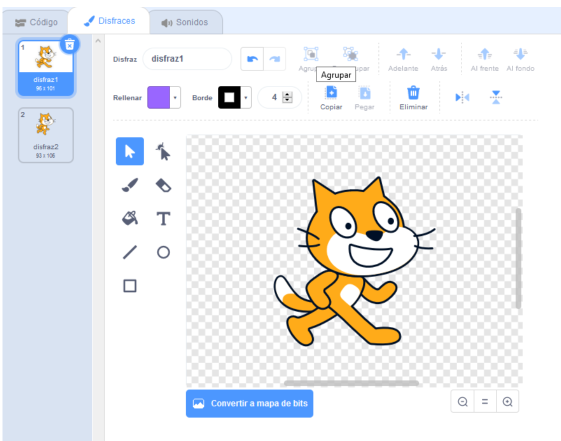


Figura 5.4: Editor de disfraces.

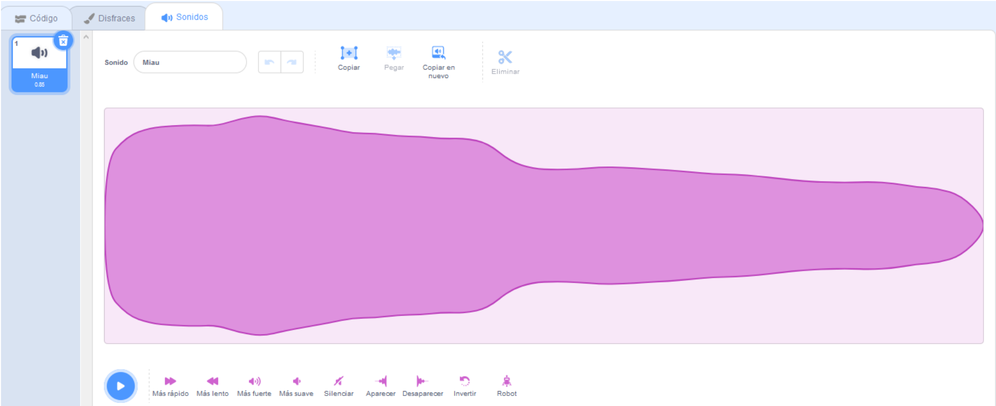


Figura 5.5: Editor de sonido.

5.2 Elementos comunes de las calculadoras

Ambos emuladores comparten parte de la interfaz grafica. En concreto, las pantallas «Principal», «Emulador» y «Creditos» son prácticamente idénticas a excepción del título de la principal y su foto. La pantalla «Emulador» mantiene su funcionamiento en ambas, pero cambia el dispositivo mostrado. Otra pantalla que comparten es la de «Ayuda» aunque en el caso de la calculadora de Leibniz, esta pantalla tienes mas botones para poder acceder a las instrucciones para la realización de alguna de las cuatro operaciones básicas.

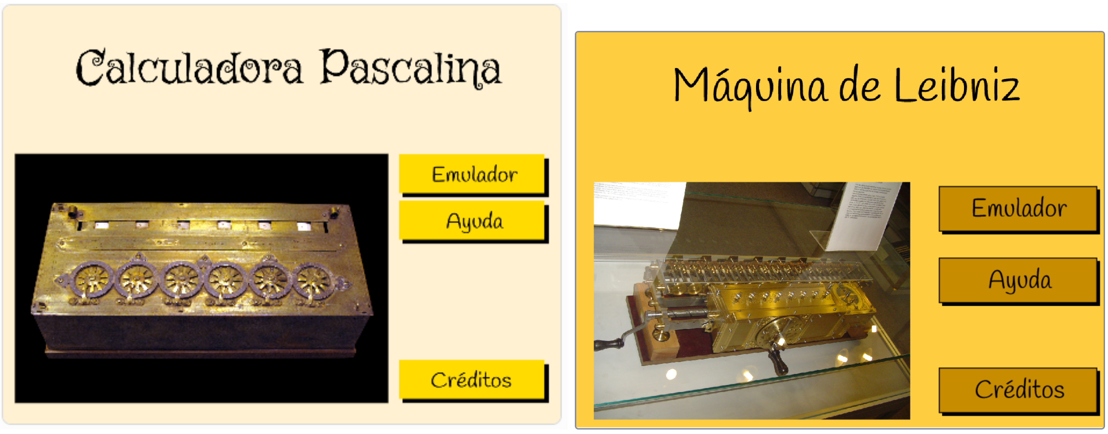


Figura 5.6: Pantallas principales de la «pascalina» y la máquina de Leibniz.

Otro de los elementos que tienen en común y que es ampliamente utilizado en sendos emuladores es el botón «Atras»(Figura 5.11). Con este botón podemos realizar en todas las pantallas que no sean la principal un retroceso a esta para así poder movernos por las distintas pantallas de los emuladores. Además, como podemos observar en la figura 5.11, utilizamos este botón para devolver a su estado inicial las calculadoras. En la figura también podemos apreciar las acciones a tomar para establecer en que pantallas será visible el botón.

Todos los botones de ambos emuladores incluyen la siguiente implementación para, en el momento en el que el ratón este encima de cada uno de ellos, este varié su color para cerciorarnos de que realmente es ese el botón seleccionado.

Figura 5.7: Imagen del boton «Atras».

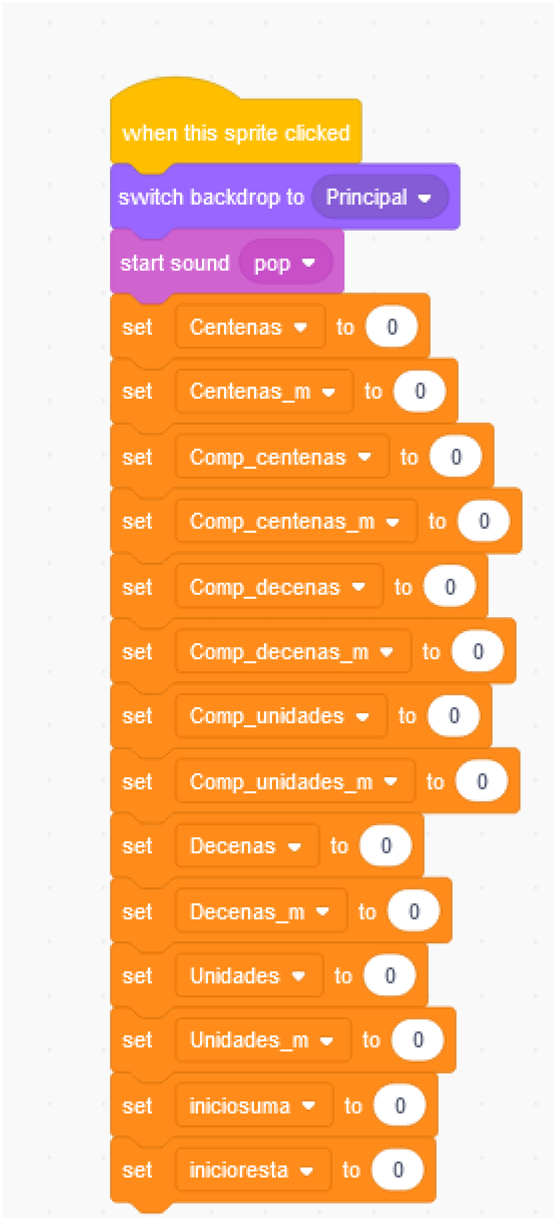


Figura 5.8: Bloque de acciones para realizar la navegacion hacia atras.

5.3 Implementación de la «pascalina»

Para llevar a cabo la implementacion de la calculadora «pascalina» de Blaise Pascal, primero hemos tenido que realizar los disfraces que posteriormente compondrian la calculadora. Entre ellos podemos encontrar el cuerpo de la maquina, la barra separadora, las ruedas de entrada y las varillas de tope. Todos los elementos que podemos encontrar

Figura 5.9: Bloque de acciones para establecer la visibilidad de «Atras».

Figura 5.10: Bloque para el cambio de color de los botones.

en la calculadora han sido creados mediante el editor de imágenes del propio Scratch, mostrando así todas las capacidades que este lenguaje tiene.

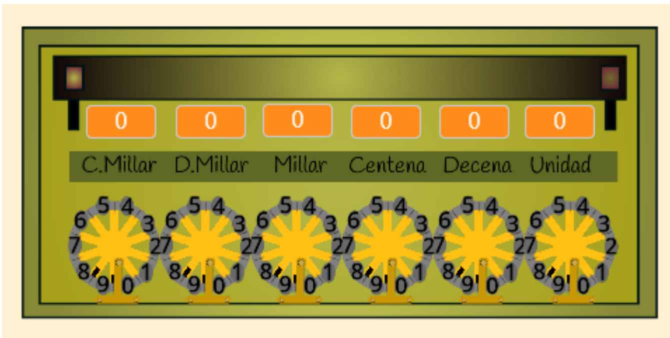


Figura 5.11: Calculadora «pascalina» en Scratch.

Para mostrar los cálculos de las operaciones que realizamos, hemos utilizado las variables que nos permite crear Scratch. Estas tienen varios modos de visualización, siendo el mas compacto de todos el que hemos elegido. Cada fila de resultados tiene sus propias variables.

Haciendo click en la barra separadora, esta se encargara mediante las operaciones que le hemos incrustado, de hacer visibles o no las variables que correspondan según el modo de cálculo que estemos utilizando(suma o resta). Esta acción también conllevara al desplazamiento de la propia barra.

Para empezar a introducir números a la calculadora, tenemos dos opciones. Como hemos visto en la figura 5.11, cada rueda esta compuesta por una parte amarilla y otra grisácea con números. Si utilizamos la parte amarilla para incrementar las cifras, esta

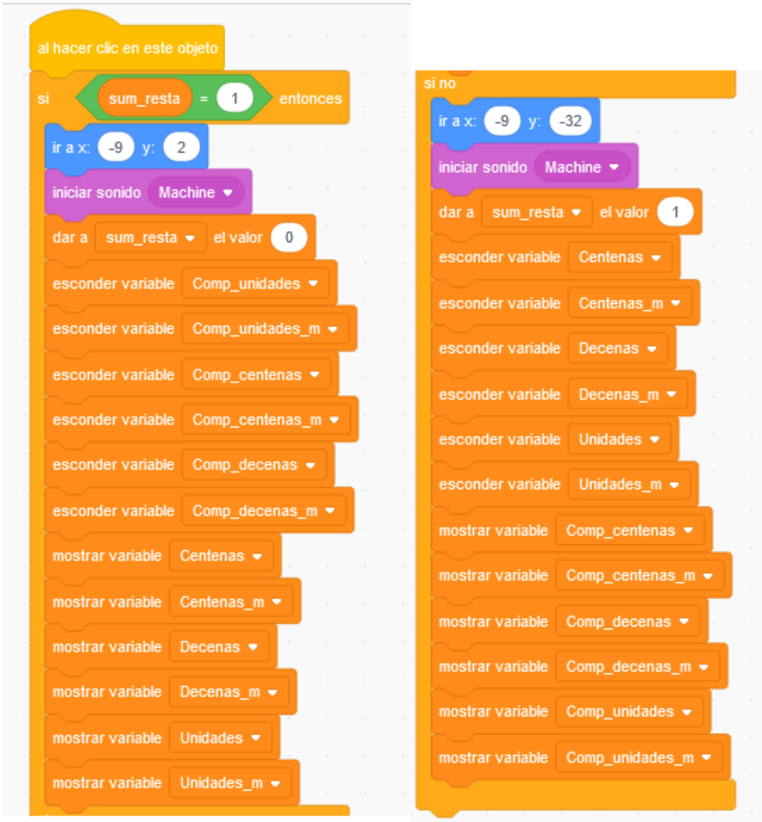


Figura 5.12: Acciones de la barra separadora.

operación se realizara en acumulaciones de 1 en 1. Por lo contrario, si utilizamos los números de las ruedas exteriores, la adición corresponderá a la cantidad pulsada.

Son las ruedas amarillas las que se encargaran de realizar las acciones de acarreo, sea cual sea el método utilizado para introducir los dígitos, pero en el caso de hacerlo con clicks en los números, cada numero es el que se encarga de propagar un mensaje especifico de acarreo.

Cada rueda, tiene implementada la acción de acarreo, todas mantienen una estructura similar a la de la figura pero alterando las cifras a las que afecta. Es decir, cada mensaje que envía cada uno de los números externos de las ruedas de entrada envía un mensaje a la rueda amarilla correspondiente para que incremente sus cifras. Estas ruedas amarillas a su vez, se encargara de averiguar el número actual de una posición determinada para realizarle una operacion simple o una operacion con acarreo.

Finalmente, para implementar la parte del emulador que nos explicara las instrucciones de uso del mismo, hemos hecho uso de los distintos bocadillos de diálogo que ofrece Scratch. Estos diálogos, después de haber transcurrido el tiempo que se les estipula para su correcta lectura, intercalan acciones de incremento o decremento de cifras según el ejemplo explicado.

5.4 Implementación de El reloj calculante de Leibniz

Debido a algunas de las limitaciones de Scratch como puede ser la resolución de pantalla o de objetos permitida, nos hemos visto obligados a reducir el número de dígitos

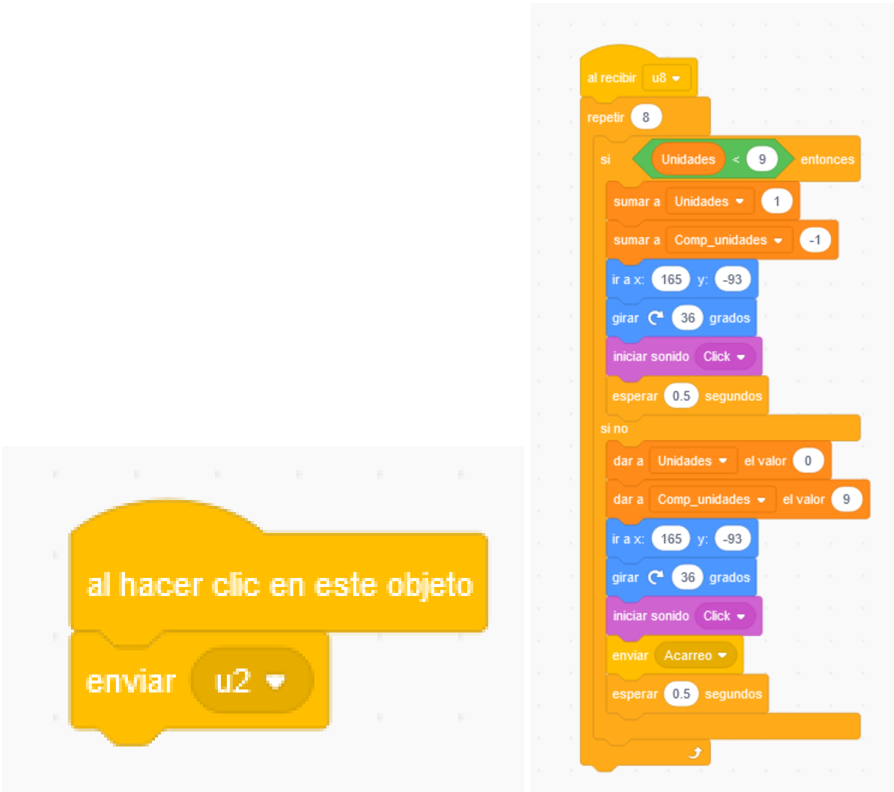


Figura 5.13: Acción de propagación del mensaje de un acarreo junto a la propia acción de incremento .

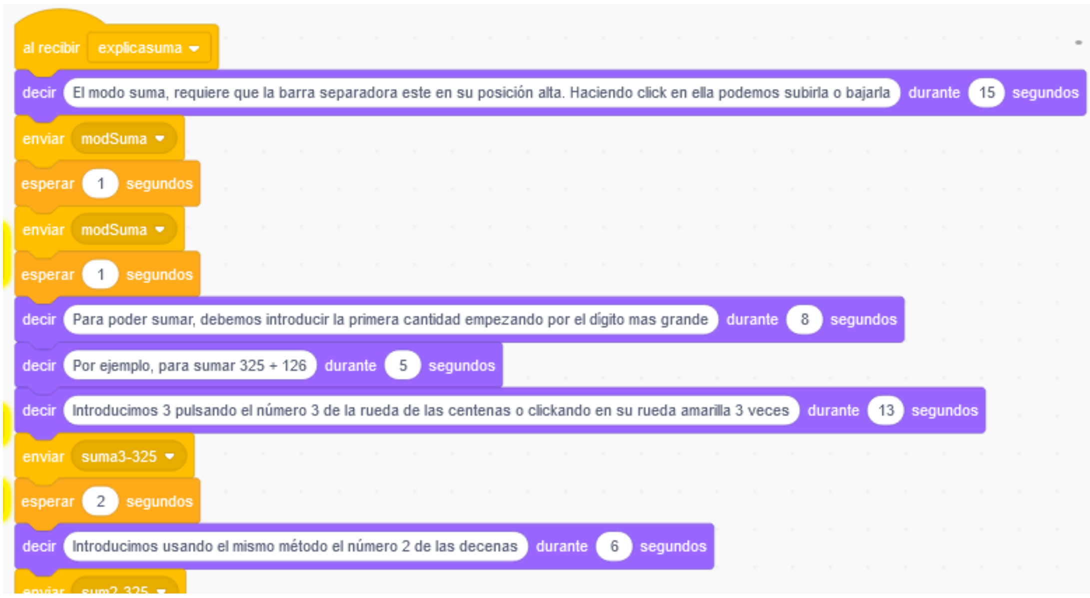


Figura 5.14: Ayuda para la suma.

máximos intervinientes en cada operación. En nuestra calculadora, tendremos 6 cifras para la «Pars immobilis» y 4 para la «Pars mobilis». Además, para facilitar el uso del simulador, se implementa de tal manera que la realización de todos los acarreos será automática como hemos visto en prototipos construidos tras la muerte de Leibniz.

De nuevo, como en la calculadora de Pascal, el primer paso a realizar será el de componer las distintas pantallas del emulador y la estructura de la maquina.

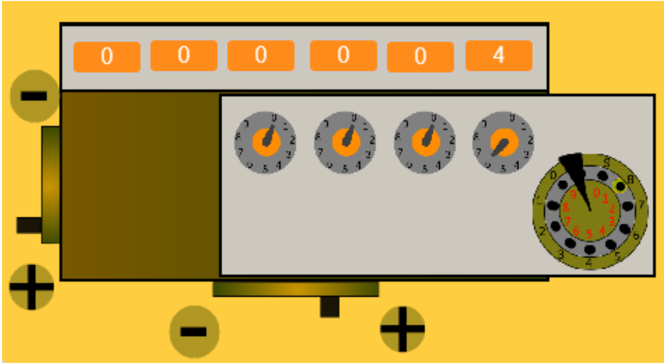


Figura 5.15: Máquina de Leibniz en Scratch.

Para dotar de animación a las palancas, hemos creado una serie de disfraces para cada una de ellas. Estos disfraces, en conjunción con el bloque de la figura hace que cuando realizamos operaciones de adición o substracción o desplazamos la «Pars mobilis» son los que consiguen este efecto.

Figura 5.16: Evento de las palancas.

La calculadora de Leibniz disponía de partes móviles, para moverlas, deberemos pulsar en los botones etiquetados como «+» y «-» según queramos desplazarnos a izquierda o derecha. Todos los objetos que componen la «Pars mobilis» pueden recibir un evento, el cual les comunicara hacia que sentido deben desplazarse.

Para poder introducir los números, haremos uso de las ruedas de entrada. Esta vez, como pueden girar en ambos sentidos, hemos implementado acciones de incremento de número para los click y de decremento si hacemos click manteniendo la tecla «espacio». Esto incrementara o decrementara el valor de las variables que son utilizadas para mostrar los resultados. Una vez marcados en las ruedas de entrada, procederemos a accionar la «Magna Rota». Para accionar esta palanca deberemos hacer uso de los objetos «+» o «-» segun si realizamos una adicion o una substraccion. Son estos botones de «+» y «-» los que tienen el grueso de acciones para poder operar con la calculadora.

En el caso de la suma(Figura 5.18) comprobamos en que posición esta la «Pars mobilis», esto lo hacemos mediante el uso de la variable «posición mobilis»(segundo rectángulo de la figura 5.18). Esto afectara directamente a que cifras se le realizaran sumas y restas puesto que el bloque que encontramos en el tercer rectángulo rojo tiene una estructura común en todas las operaciones y todos los dígitos, con la variación únicamente del resultado al que afectan. Este tercer bloque se replica cuatro veces por posición de la «Pars mobilis»

Figura 5.17: Acción de desplazamiento.

Para la resta, las comprobaciones son las mismas que para la operacion de suma, simplemente necesitamos cambiar la manera en la que se calcula el dígito que se mostrara en cada celda de variable(Figura 5.19).

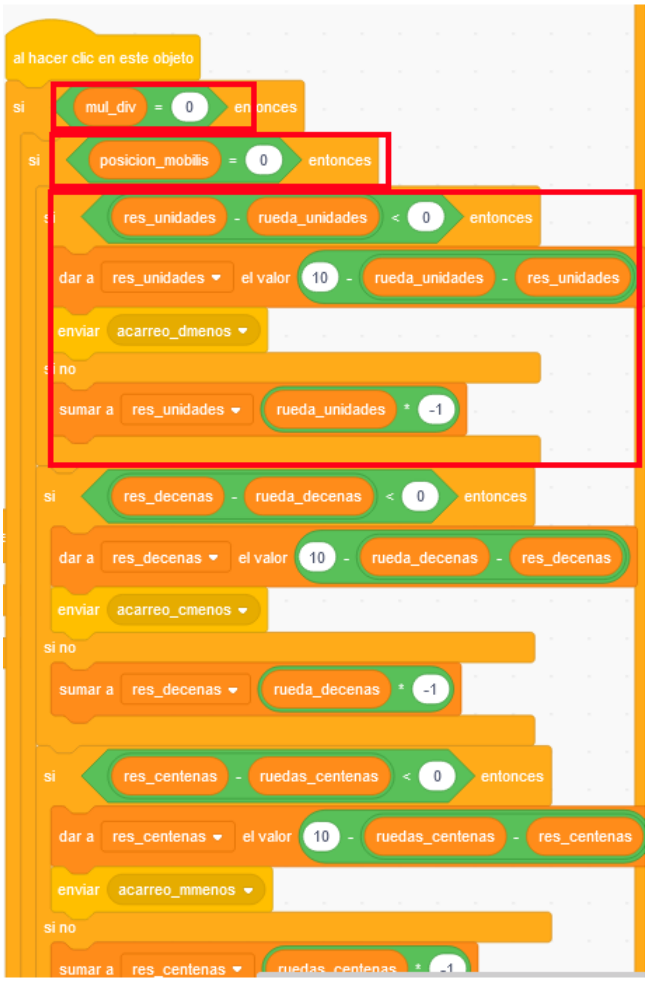


Figura 5.18: Proceso de suma.

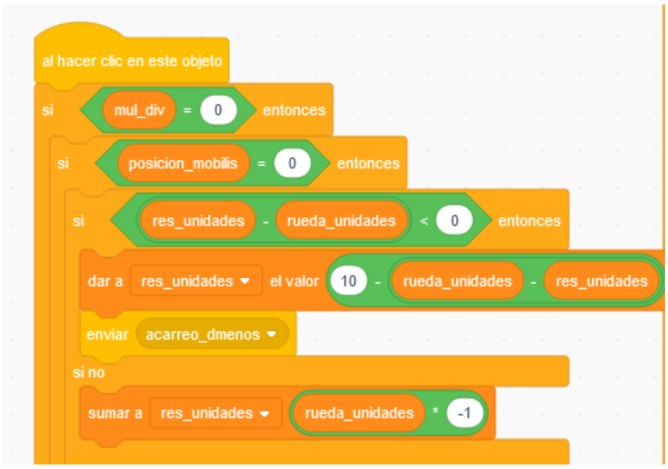


Figura 5.19: Proceso de resta.

Para las operaciones de multiplicación y división necesitamos hacer uso de la «Rota magnuscula». Pinchando con el ratón en cada uno de los círculos negros(Figura 5.20 que encontramos en el anillo central podremos posicionar el tope que evitara que realicemos mas adiciones en el caso en este caso. Es el «+» o «-» de la «Magna rota» el encargado de hacer moverse el tope mediante la propagación de un mensaje. Estas operaciones estan basadas en sumas y restas sucesivas, por lo que las acciones necesarias para su desepeño son las mismas salvo por la limitación del tope.

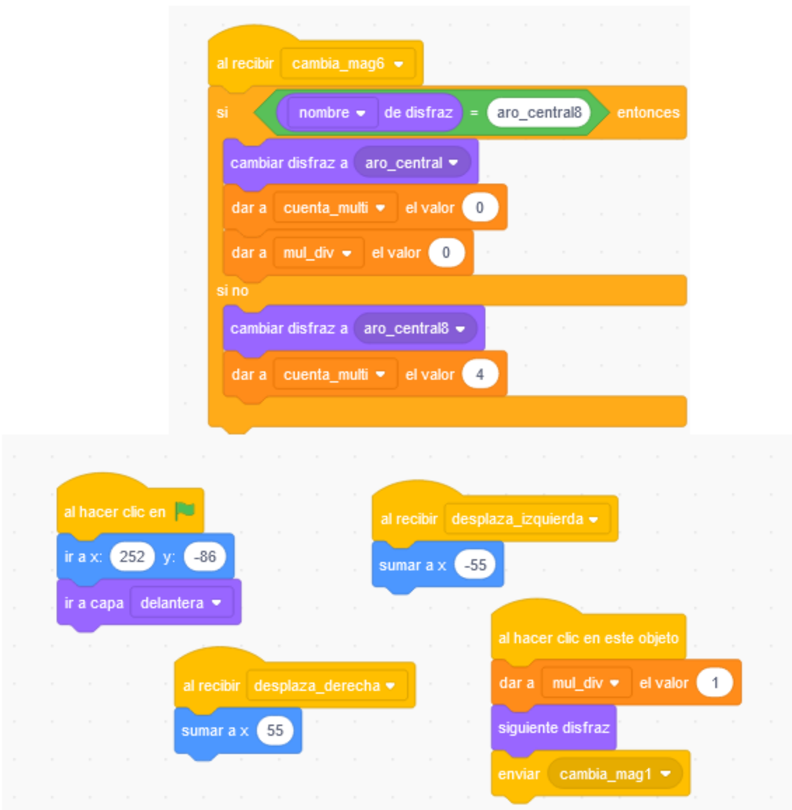


Figura 5.20: Bloque de los puntos negros junto con el evento que desencadenan.

El mecanismo implementado en la calculadora de Leibniz es muy similar al de la calculadora de Pascal. No obstante, para su correcto funcionamiento hemos tenido que diseñar variaciones del acarreo para la suma y para la resta(Figura 5.21).

Finalmente, teniendo el emulador funcionando correctamente, hemos implementado las ayudas para conocer las diferencias operaciones básicas de la misma manera que lo hicimos con la «pascalina».

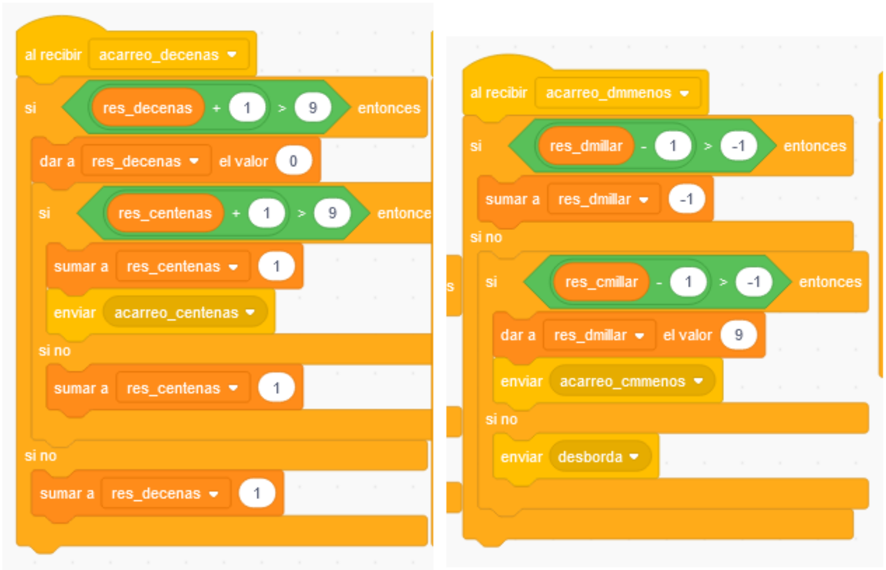


Figura 5.21: Acarreo de la suma a la izquierda y de la resta a la derecha.

CAPÍTULO 6

Página Web

En este capítulo vamos a presentar los motivos por los que hemos realizado la pagina web y que pasos hemos seguido para llevarla a cabo. Esta página se puede consultar en http://museo.inf.upv.es/es/pascal-leibniz-scratch/ .

6.1 Motivación

Al principio del trabajo expusimos que uno de los motivos principales para la elección de este fue la de su carácter divulgativo. Nosotros mismos hemos tenido ciertas dificultades para encontrar ejemplos y explicaciones del funcionamiento de las diversas calculadoras expuestas a lo largo del proyecto. Gracias al departamento del Museo de Informatica(Figura 6.2) de la ETSINF y con la publicación de esta página web, cualquier persona interesada en las calculadoras podra realizar operaciones con ellas.

Figura 6.1: Logotipo del Museo de Informática.

6.2 Desarrollo

El desarrollo de la página se ha llevado a cabo en HTML para su posterior publicación. Como punto de partida, hemos utilizado el código fuente de otra de las páginas web ya publicadas para respetar en la medida de lo posible el formato de los artículos divulgativos subidos con anterioridad a la web del museo. Mediante la modificación de esta plantilla HTML que hemos obtenido, hemos adaptado el contenido de la misma a nuestro propio contenido.

Para incluir el contenido de ambas calculadoras en una sola página, la estructuramos del siguiente modo:

- Primero tenemos un bloque introductorio, en el que se presenta el titulo del trabajo final de grado y el autor del mismo. También utilizamos este bloque para exponer una breve historia para adentrarnos en el tema de la página.
- Después, repartiremos el resto de la página en dos bloques iguales, uno para cada calculadora, que estarán a su vez compuestos por:
    - Breve historia sobre autor y su calculadora.
    - Intrucciones de uso de la interfaz del emulador.
    - Enlace a la web de Scratch con el cual acceder directamente a la página del proyecto.

```
<p>Ya en la prehistoria, los primeros seres humanos necesitaban alguna manera de medir el mundo que los rodeaba, cc
<p>Mediante el uso del lenguaje de programaci&oacute;n <strong>Scratch</strong> hemos implementado un emulador para
<h3 style="text-align: center; color: #404040;"><strong>Calculadora Pascalina - Blaise Pascal(1645)</strong></h3>
<h3><strong>Historia</strong></h3>
<p>En 1645, y tras m&uacute;ltiples prototipos que comenz&oacute; a fabricar ya en 1642, a la edad 19 años, Blaise
<h3><strong>Instrucciones</strong></h3>
<ol>
<li>Presionar el icono de la bandera verde para arrancar el proyecto. El bot&oacute;n rojo con señal de stop sirve
<li>Pulsar el bot&oacute;n &ldquo;Emulador&rdquo; para empezar a utilizar la caculadora.</li>
<li>Pulsar el bot&oacute;n &ldquo;Ayuda&rdquo; para ver ejemplos del procedimiento de sumas y restas con la calcula
<li>Pulsar el bot&oacute;n &ldquo;Creditos&rdquo; para conocer las personas y entidades relacionadas con el proyect
</ol>
<center><iframe src="https://scratch.mit.edu/projects/325398733/embed/?autostart=false" width="700" height="700" fr
<p>Para acceder a la p&aacute;gina de la aplicaci&oacute;n en la web de Scratch ir al siguiente enlace &ndash;&gt;
<h3 style="text-align: center; color: #404040;"><strong>M&aacute;quina de Leibniz - Gottfried Leibniz(1671)</strong
<h3><strong>Historia</strong></h3>
<p>Gottfried Wilhelm Leibniz nacido en Leipzig en julio de 1946 realizo trabajos de bibliotecario, jurista y pol&ia
<h3><strong>Instrucciones</strong></h3>
<ol>
<li>Presionar el icono de la bandera verde para arrancar el proyecto. El bot&oacute;n rojo con señal de stop sirve
<li>Pulsar el bot&oacute;n &ldquo;Emulador&rdquo; para empezar a utilizar la caculadora.</li>
<li>Pulsar el bot&oacute;n &ldquo;Ayuda&rdquo; para ver ejemplos del procedimiento de sumas y restas con la calcula
<li>Pulsar el bot&oacute;n &ldquo;Creditos&rdquo; para conocer las personas y entidades relacionadas con el proyect
</ol>
<center><iframe src="https://scratch.mit.edu/projects/326619608/embed/?autostart=false" width="700" height="700" fr
<p>Para acceder a la p&aacute;gina de la aplicaci&oacute;n en la web de Scratch ir al siguiente enlace &ndash;&gt;
<p>Creador de los emuladores: <strong>Francisco Manuel Ruiz Rozalén</strong></p>
<p>Tutor: <strong>Xavier Molero Prieto</strong></p>
```

Figura 6.2: Fragmento del código para la personalización de la web.

En las siguientes figuras(Figura 6.3 y Figura 6.4) podemos observar el resultado final obtenido tras la modificación del código HTML.

Calculadoras de Blaise Pascal y Gottfried Leibniz

Francisco Manuel Ruiz Rozalén

Ya en la prehistoria, los primeros seres humanos necesitaban alguna manera de medir el mundo que los rodeaba, como las piezas que habían cazado o los habitantes de una cueva. No paso mucho tiempo hasta que se empezaron a utilizar símbolos para representar estas cifras. A medida que estos seres humanos se agrupaban en sociedades, las cantidades que utilizaban eran mayores y se hacia necesario el uso de cálculo a medida que se empezaba a comerciar. Esto dio lugar a los sistemas de numeración, estos sistemas son un conjunto de símbolos, reglas y operaciones que han ido moldeando seg´n sus necesidades las diversas civilizaciones de nuestra historia como los egipcios, griegos o romanos. Con el paso del tiempo se buscaron maneras de simplificar las operaciones necesarias para realizar grandes cálculos y tras varios inventos con mayor o menor uso, llegamos a las primeras calculadoras mecánicas.

Mediante el uso del lenguaje de programación **Scratch** hemos implementado un emulador para cada calculadora. Esta plataforma con fines divulgativos ha sido elegida debido a la capacidad de crear con facilidad proyectos públicos de interés, los cuales, pueden ser valorados e incluso modificados como nuevos proyectos por los miembros de su comunidad.

Calculadora Pascalina – Blaise Pascal(1645)

Historia

En 1645, y tras múltiples prototipos que comenzó a fabricar ya en 1642, a la edad 19 años, Blaise Pascal decidió hacer publica su invención, la calculadora pascalina. Durante muchos años se pensó que fue la primera calculadora mecánica inventada, no obstante, tras la datación de una carta de Schickard a su colega Kepler, se descubrió que la primera calculadora fue creada en 1623, conocido este invento como reloj calculante de Schickard, coincidía su año de invención con el año en el que naci&toacute Blaise Pascal. La calculadora pascalina hacía uso del sistema decimal y era capaz de realizar operaciones de suma y resta. También permitía las operaciones de multiplicación y división mediante series sucesivas de sumas y restas.

Instrucciones

1. Presionar el icono de la bandera verde para arrancar el proyecto. El botón rojo con señal de stop sirve para finalizar la ejecución.
2. Pulsar el botón "Emulador" para empezar a utilizar la caculadora.
3. Pulsar el botón "Ayuda" para ver ejemplos del procedimiento de sumas y restas con la calculadora.
4. Pulsar el botón "Creditos" para conocer las personas y entidades relacionadas con el proyecto.

Para acceder a la página de la aplicación en la web de Scratch ir al siguiente enlace –> Calculadora pascalina

Figura 6.3: Primer bloque de la página web.

Máquina de Leibniz – Gottfried Leibniz(1671)

Historia

Gottfried Wilhelm Leibniz nacido en Leipzig en julio de 1946 realizo trabajos de bibliotecario, jurista y político y fue considerado un genio en los campos de la filosofía, las matemáticas, la lógica, la física y la teología. Los primeros bocetos de la calculadora de Leibniz mostraban una mecánica similar a la de la calculadora de Pascal pero posteriormente, descarto estos modelos para centrarse en los unos de invención basados en lo que después se conoció como un cilindro contador o rueda escalonada. Gracias a este nuevo planteamiento mecánico, su invención era capaz de hacer sumas, restas, multiplicaciones y divisiones de manera sencilla.

Instrucciones

1. Presionar el icono de la bandera verde para arrancar el proyecto. El botón rojo con señal de stop sirve para finalizar la ejecución.
2. Pulsar el botón "Emulador" para empezar a utilizar la caculadora.
3. Pulsar el botón "Ayuda" para ver ejemplos del procedimiento de sumas y restas con la calculadora.
4. Pulsar el botón "Creditos" para conocer las personas y entidades relacionadas con el proyecto.

Para acceder a la página de la aplicación en la web de Scratch ir al siguiente enlace –> Máaquina de Leibniz.

Creador de los emuladores: **Francisco Manuel Ruiz Rozalén**

Tutor: **Xavier Molero Prieto**

etsinf UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ICOM consejo internacional de museos España MUSEUS UPV

Figura 6.4: Segundo bloque de la página web.

CAPÍTULO 7

Conclusiones

Dedicaremos este capitulo final para detallar de manera resumida el aporte que ha tenido en nosotros la realización del proyecto del trabajo final de grado, la memoria y el cumplimiento de los objetivos marcados en el capítulo primero.

7.1 Conclusión

Después del tiempo invertido en investigación para la realización del trabajo final de grado, podemos concluir que:

- Hemos adquirido conocimientos sobre los números y los sistemas de numeración a lo largo de la historia y como el ser humano se ha enfrentado de distintas maneras al problema de simplificar las operaciones que debido al crecimiento de las sociedades requerían de unas cantidades enormes para representar el mundo. Esta necesidad dio paso a las primeras calculadoras para simplificar sus operaciones.
- Se han ampliado enormemente nuestros conocimientos sobre el Siglo XVII, considerado el siglo de la revolución científica y hemos conocido la vida de múltiples de las personalidades relevantes del ámbito científico y filosófico.
- La invención de las calculadoras de Pascal y Leibniz supuso un gran avance en el campo de las matemáticas y en especial de la simplificación a la hora de realizar las operaciones aritméticas básicas.
- Gracias a la investigación realizada, entendemos que la escasa aceptación y uso que tuvieron estas maquinas no fue debido a su manejabilidad sino a la complicación de la época para reproducir mecanismos de manera precisa para permitir a estos artefactos funcionar correctamente en todo momento.
- Tras la investigación en profundidad acerca de los mecanismos y funcionamiento de las calculadoras, somos capaces de realizar sendos emuladores que repliquen el correcto funcionamiento de las mismas.
- Blaise Pascal así como Gottfriend Leibniz fueron genios multidisciplinares los cuales no realizaron solo aportaciones al campo de las matemáticas sino también al campo de la física, la lógica y la política. En el caso de Blaise, también encontramos aportaciones en el campo de la teología, el cual no entraba en conflicto con sus ambiciones científicas.
- El desarrollo de los emuladores de ambas calculadoras en Scratch nos ha permitido conocer mas a fondo como funciona esta plataforma libre y con fines divulgativos

y con ello, reproducir fielmente el funcionamiento de las máquinas expuestas en el proyecto.

Es por estos motivos que acabamos de enfatizar por lo que consideramos que hemos sido exitosos a la hora de cumplir con los objetivos iniciales marcados para este trabajo.

7.2 Trabajos futuros

A día de hoy, tenemos tecnologías que nos permiten incluso en nuestro propio hogar, crear objetos "de la nada"gracias a las impresoras 3D. Algunos de los grandes problemas que encontraron Pascal y Leibniz a la hora de comercializar sus máquinas de cálculo fueron el tiempo periodo de manufacturado, la precisión dimensional de las piezas y su durabilidad. Con la tecnología de impresión 3D podemos evitar estos problemas. El costo de una máquina de impresión de nivel básico es aproximadamente de 200 euros y en el caso de utilizar 1kg de material de impresión junto con su tiempo de impresión en electricidad, estaríamos hablando de alrededor de 30 35 euros de gastos de fabricación. De esta manera, teniendo varias maquinas trabajando simultáneamente en las diversas piezas de las calculadoras podríamos llegar a manufacturar una máquina diaria o mas y de esta manera tener replicas funcionales de estos artefactos. Puede parecer complicado, pero como se puede ver en la figura , las impresoras 3D de hoy en día son capaces de realizar objetos de complejidad muy superior a la de los engranajes sueltos de las calculadoras de Pascal y Leibniz.

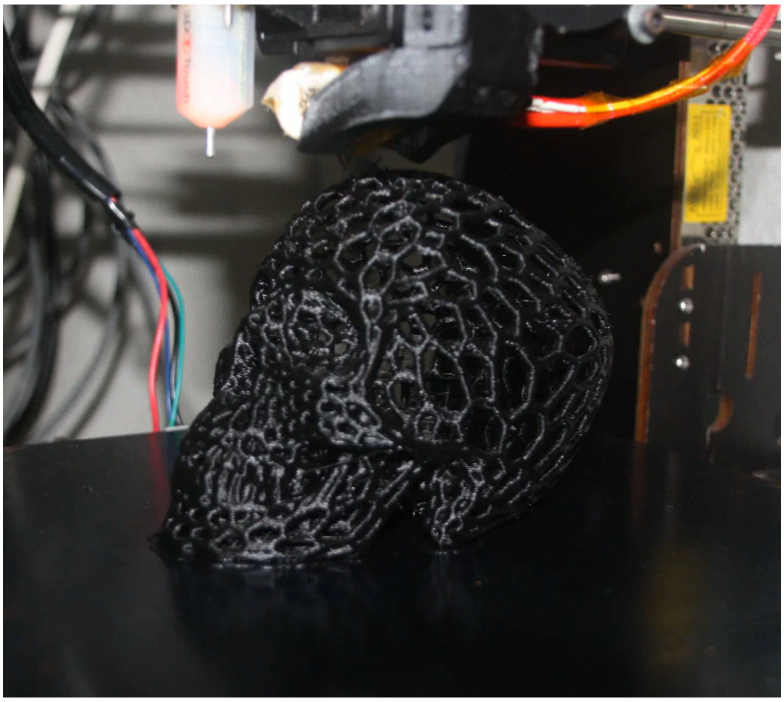


Figura 7.1: Calavera impresa en 3D. Tiempo de fabricación: 6 horas.

Bibliografía

[1] Concepto de número. Consultado en https://es.wikipedia.org/wiki/número#Historia_del_concepto_de_número.

[2] Hueso de Lebombo. Consultado en https://en.wikipedia.org/wiki/Lebombo_bone.

[3] Hueso de Ishango. Consultado en https://es.wikipedia.org/wiki/Hueso_de_Ishango.

[4] Durán, Antonio José; Ifrah, Georges; Manguel, Alberto *Vida de los números*. Madrid : T Ediciones, 2006.

[5] Manzanera Blasco, Diego. Trabajo fin de grado. *Arqueología Informática. Los sistemas de numeración con Scratch*, UPV, Curso 2017-2018.

[6] Zaragozá Calabuig, Víctor. Trabajo fin de grado. *Arqueología Informática. Emulación de una calculadora mecánica de Leibniz con Arduino*, UPV, Curso 2015-2016.

[7] Vázquez Hoyos, Dra. Ana Mª. *LA TABLILLA PLIMPTON 322: La resolución del Teorema de Pitágoras antes de Pitágoras*, UNED, Agosto 2017.

[8] *Las matemáticas en grecia*, Universidad de Murcia. https://www.um.es/docencia/pherrero/mathis/grecia/grec.htm

[9] History of abacus. Consultado en https://en.wikipedia.org/wiki/Abacus

[10] Ábaco neperiano Consultado en https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81baco_neperiano

[11] Reloj calculante Consultado en https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81baco_neperiano

[12] Katherine Alejandra Estrada Puente. Trabajo fin de grado. *Arqueología informática: diseño e implementación del Reloj Calculante de Wilhelm Schickard en Scratch*, UPV, Curso 2015-2016.

[13] *Blaise Pascal*. Entradas en Wikipedia. https://es.wikipedia.org/wiki/Blaise_Pascal - https://en.wikipedia.org/wiki/Blaise_Pascal

[14] Diez del Corral Zarandona, Francisco *Blaise Pascal: la certeza y la duda, Visión Libros*. 2008, p. 38 ISBN 84-9821-698-2, 9788498216981.

[15] How the pascaline works. Consultado en https://www.youtube.com/watch?v=3h71HAJWnVU&t=337s Autor: MechanicalComputing, 9 mar. 2012.

[16] Pascal's calculator. Entrada en Wikipedia. Consultado en https://en.wikipedia.org/wiki/Pascal%27s_calculator

[17] Campus Virtual Intec - Programación en Scratch Consultado en https://www.youtube.com/channel/UCpB32gqiBut2XPqKLqWU6vw

[18] Web *Aprende Scratch* Consultado en https://aprendescratch.com/guias-para-replicar-ejercicios/

[19] Guía de referencia de Scratch 2.0 Consultado en http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/Scratch20 Autor: Juan Carlos López García

[20] Pascaline. Consultado en https://history-computer.com/MechanicalCalculators/Pioneers/Pascal.html

[21] Gottfried Leibniz: Biografía, Aportes y Obras Consultado en https://www.lifeder.com/aportaciones-de-leibniz/#Educacion Autor: Alberto Cajal

[22] Gottfried Leibniz, entrada en Wikipedia Consultado en https://es.wikipedia.org/wiki/Gottfried_Leibniz

[23] The Stepped Reckoner of Gottfried Leibniz Consultado en https://history-computer.com/MechanicalCalculators/Pioneers/Lebniz.html

[24] Johannes Kepler Consultado en https://es.wikipedia.org/wiki/Johannes_Kepler

[25] Robert Boyle Consultado en https://es.wikipedia.org/wiki/Robert_Boyle

[26] Isaac Newton Consultado en https://es.wikipedia.org/wiki/Isaac_Newton

[27] Edmund Halley Consultado en https://es.wikipedia.org/wiki/Edmund_Halley