# *Hidden Figures*

Ariadna Farrés, NASA-GSFC
Josep Maria Mondelo, Departament de Matemàtiques UAB

El 20 de gener de 2017 va aparèixer a les cartelleres la pel·lícula *Hidden Figures* (en castellà *Figuras ocultas*), basada en un llibre de Margot Lee Shetterly amb el mateix títol. Ens alegra l'aparició d'una nova pel·lícula en què es dona rellevància a les ciències i les enginyeries. A més, en aquesta pel·lícula les matemàtiques tenen un paper destacat.

La pel·lícula ens situa en la carrera espacial entre els Estats Units i la Unió Soviètica durant els anys seixanta. Està basada en fets reals i descriu les vivències de tres dones afroamericanes que treballaven al Langley Research Center de la NASA, situat a Hampton, Virgínia, durant un període de temps que va de la preparació del primer vol suborbital tripulat (Alan Sheppard) a l'execució del primer vol orbital tripulat (John Glenn) dels Estats Units. En aquella època (anys 61–62), Virgínia era un estat segregat, cosa que volia dir que els ciutadans afroamericans no es podien barrejar amb els blancs en espais públics com ara lavabos i autobusos. Per contra, s'havien de recloure en espais reservats per a ells que eren de pitjor qualitat. La pel·lícula posa èmfasi en com aquests fets també es veien reflectits a les instal·lacions de la NASA i de quina manera les tres protagonistes van anar trencant progressivament les barreres a què es veien sotmeses.

Les tres protagonistes treballaven com a *human computers* a la West Area Computers Division de Langley. Això vol dir que es dedicaven a fer, amb l'ajuda de calculadores electromecàniques, el tipus de càlculs que avui en dia es fan amb ordinador. Aquests càlculs incloïen funcions elementals com cosinus i arrels quadrades, tal com diu a la pel·lícula Katherine Johnson a Jim Johnson la primera vegada que es troben. Això feia la feina de les *human computers* especialment complicada, ja que les calculadores electromecàniques (a la pel·lícula apareix molt la Friden STW 10) només efectuaven les quatre operacions elementals. A l'època ja hi havia ordinadors electrònics, però eren un recurs molt escàs.

Katherine Johnsonn (Katherine Goble al començament de la pel·lícula, interpretada per Taraji P. Henson) era una matemàtica brillant que va aconseguir una feina a l'Space Task Group, el grup d'enginyers d'elit de la NASA encarregat de solucionar els problemes tècnics i científics plantejats pel vol espacial tripulat. A Katherine la van reclutar pels seus coneixements de geometria analítica i la seva destresa com a *human computer*, però va acabar sent una peça clau en els càlculs orbitals i de reentrada de les missions d'Alan Shepard i John Glenn. La seva feina va destacar fins al punt que va ser admesa com a coautora (no sense enfrontaments) de *technical reports*, cosa que no havia aconseguit abans cap dona i menys afroamericana. George Harrison (interpretat per Kevin Costner), a la pel·lícula director de l'Space Task Group, reconeix progressivament la vàlua de Katherine i la promociona, i canvia les normes del centre quan cal.

Dorothy Vaughan (interpretada per Octavia Spencer) era la supervisora *de facto* de les *human computers* afroamericanes de la West Area Computers Division, a qui neguen reiteradament la condició de supervisora pel seu color de pell. Demostra una gran visió de futur en

aprendre a programar en Fortran i reconvertir les altres *human computers* en programadores. Gràcies a això, va acabar convertint-se en la supervisora dels programadors de l'IBM 7090 del centre.

Mary Jackson (interpretada per Janelle Monáe), que també formava part de les integrants de la West Area Computers, aconsegueix feina a l'equip encarregat de desenvolupar i provar la càpsula Mercury. Encoratjada pel cap del seu equip, acaba superant les barreres legals que li impedien cursar una enginyeria, per acabar essent la primera dona afroamericana que es gradua com a enginyera.

Aquestes tres dones van demostrar, igual que moltes altres dones de l'època, un gran esperit de superació envers les circumstàncies adverses, i van saber posar el seu talent per davant de tot per poder treballar en allò que les apassionava. Aquesta pel·lícula ens fa reflexionar sobre el paper de la dona en la ciència i l'enginyeria del passat més recent.

Com tota pel·lícula de Hollywood basada en fets reals, aquesta pel·lícula es pren diverses llicències respecte del que realment va passar, amb l'objectiu de simplificar la història (particularment la part tècnica) i fer-la més entretinguda. En destaquem algunes, no com a crítica sinó com a curiositats i per animar-vos a esbrinar més com era l'època, els vols espacials i aquestes tres dones:

- El personatge George Harrison no és real, i fa tasques que en realitat van desenvolupar diverses persones. Per exemple, en realitat el director de l'Space Task Group (Robert Gilruth) i el director de vol de les missions Mercury (Chirs Kraft) van ser persones diferents. A [4] es pot trobar una crònica de l'època Mercury-Gemini-Apollo des del punt de vista dels directors de vol. El personatge Paul Stafford (interpretat per Jim Parsons) tampoc és real.
- La superació de les barreres racials per part de les protagonistes al llarg de les seves carreres no va tenir lloc durant els anys 61–62, sinó durant un període de temps molt més llarg, que s'estén enrere en el temps fins a l'època de les proves de vol (*flight testing*) per trencar la barrera del so [6].
- És poc probable que els tècnics d'IBM fossin tan ineficients com se'ls presenta a la pel·lícula. Un ordinador IBM 7090 costava a la venda 2,9 milions de dòlars de l'any 1960, o 63.500 dòlars mensuals si es llogava.
- De fet, d'ordinadors IBM 7090 no en tenien només un a Langley. Al NASA Goddard Space Flight Center hi havia dos IBM 7090 redundants (per seguretat) que processaven la telemetria procedent de la càpsula per actualitzar els indicadors dels controladors de vol a Mercury Mission Control [5]. Un dels càlculs que feien en temps real era predir on cauria la càpsula en cas de fer la maniobra de reentrada en un moment determinat. A la pel·lícula, en canvi, sembla que tots els càlculs es fessin prèviament a terra i que durant la missió no es calculés res.

Malgrat aquestes llicències a l'estil de Hollywood, tots els fets puntuals o són certs o tenen un punt de veritat. Katherine Johnson realment va ser la primera dona i la primera afroamericana coautora d'un *technical report* [7]. També és veritat que John Glenn va demanar que ella revisés els càlculs duts a terme per un 7090, però no just abans del llançament. El fragment tècnic que ens ha fet més mal de tota la pel·lícula és una descripció que fa Paul Stafford dels problemes relacionats amb la trajectòria de reentrada de John Glenn, on s'afirmen que «s'ha de canviar d'una òrbita el·líptica a una parabòlica» (la nova òrbita també és el·líptica si menyspreem el fregament atmosfèric) i «les matemàtiques per a això no existeixen» (el mètode de les *patched conics* era ben conegut). No obstant això, Katherine afirma més endavant que «el problema es pot abordar numèricament» i que el mètode d'Euler «és antic però funciona». Certament, els models atmosfèrics s'havien d'integrar numèricament i els IBM 7090 de Goddard que hem esmentat abans ho feien. No sabem si empraven el mètode d'Euler, però no és inventat, tenint en compte les limitacions computacionals de l'època i que s'havia de fer en temps real. Fins i tot una frase tan pel·liculera com «Katherine ha aconseguit alguns decimals més que aquell *junk of metal*», dita per George Harrisson cap al final, es pot salvar: certament les calculadores mecàniques Friden STW 10 treballaven amb més precisió (deu dígits decimals) que els formats de punt flotant de l'IBM 7090 (vint-i-set dígits binaris, perquè la precisió doble no es va introduir fins a l'IBM 7094).

Finalment, voldríem remarcar l'interès de la pel·lícula com a testimoni de les eines de computació de l'època. A part de les diverses aparicions de les calculadores Friden STW 10, una de les escenes que més ens ha agradat n'és una en què Dorothy Vaughan aconsegueix fer funcionar l'IBM 7090 per primera vegada. Us animem a convertir-vos en protagonistes d'aquesta escena. Fent servir algun emulador de perforadors de targetes (per exemple [2], trieu Fortran com a *card type*), podeu perforar (o comenceu a perforar) les targetes necessàries (una per cada línia) per escriure el programa en Fortran IV que apareix a continuació (vigileu els espais en blanc: n'hi ha sis al començament de cada línia que comença amb espais, llevat de la línia amb un &, que comença amb cinc espais). Tot seguit, us podeu imaginar carregant la pila de targetes a la lectora i prement els botons necessaris per acabar veient sortir per la impressora en paper continu la llista de tots els primers entre 1 i 10.000.

```
      PROGRAM ERATOSTENES
      DIMENSION IV(10000)
      N=10000
      N12=INT(SQRT(FLOAT(N)))
      IV(1)=0
      DO 10 I=2,N
        IV(I)=1
10    CONTINUE
      I=2
15    IF (I.GT.N12) GOTO 20
        DO 30 J=2,N/I
          IV(I*J)=0
30      CONTINUE
40      I=I+1
        IF (IV(I).EQ.0.AND.I.LE.N12)
     &    GOTO 40
        GOTO 15
20    DO 50 I=1,N
        IF (IV(I).NEQ.0) WRITE (*,*) I
50    CONTINUE
      STOP
      END
```

Per descomptat, aquest programa també es pot executar en un ordinador actual (nosaltres l'hem compilat amb Gfortran 4.9.2 sense cap opció especial). Per als més interessats, al web [3] es poden trobar emuladors tant del maquinari com del programari (compilador de Fortran inclòs) de l'IBM 7090 i altres ordinadors de l'època.

Per acabar, esperem que els que ja heu vist la pel·lícula us hagi agradat tant com a nosaltres, i animem la resta a veure-la.

## Referències


[1] http://www.foxmovies.com/movies/hidden-figures/posters/505/foxmovies-hiddenfigures-poster.

[2] http://www.masswerk.at/keypunch/.

[3] http://www.cozx.com/dpitts/ibm7090.html.

[4] G. Kranz. «Failure is not an option». Berkeley Books, 2000.

[5] R. Peavey *et al.* «Project mercury real-time computational and data-flow system». In International Workshop on Managing Requirements Knowledge, 1961. Disponible a http://www.computer.org/csdl/proceedings/afips/1961/5059/00/50590033-abs.html.

[6] M. L. Shetterly. «Hidden Figures». HarperCollins, 2016.

[7] T. H. Skopinski and K. G. Johnson. «Determination of azimuth angle at burnout for placing a satellite over a selected Earth position». Technical report, NASA. Disponible a http://www.sti.nasa.gov/.