

Acte d'investidura de la  
Sra. Margaret H. Hamilton  
com a doctora *honoris causa*  
de la Universitat Politècnica  
de Catalunya · BarcelonaTech

18 d'octubre de 2018



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

# Elogi dels mèrits de la Sra. Margaret H. Hamilton

Prof. Núria Castell Ariño

Universitat Politècnica de Catalunya · BarcelonaTech

Distingit rector de la Universitat Politècnica de Catalunya · BarcelonaTech, distingits membres del Claustre Universitari i Consell Social, autoritats i representants d'institucions i empreses, professors, estudiants, personal administratiu, família i amics, i estimada Sra. Margaret H. Hamilton.

És un gran plaer ser aquí avui en aquesta cerimònia solemne per donar la benvinguda al Claustre Universitari a una nova doctora *honoris causa* de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), d'acord amb la Resolució del Consell de Govern de 23 de maig de 2017, proposada per la Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB), de la qual em sento orgullosa d'haver estat degana. La nominació de Margaret H. Hamilton va obtenir el suport de departaments i escoles de la UPC i de diversos experts internacionals en enginyeria del *software* i història de la informàtica.

Margaret H. Hamilton té una llarga llista d'èxits. És informàtica, enginyera de sistemes i empresària. També és coneguda com la dona que va portar l'home a la Lluna. Durant la seva llarga carrera de recerca i professional, els seus interessos de recerca han inclòs els sistemes i el *software* amb paradigma preventiu, la teoria formal, els sistemes ultrafiabils, la detecció i recuperació d'errors, els llenguatges de modelització i programació, la reusabilitat, la correcció per les propietats integrades del llenguatge, les interfícies home-màquina, les arquitectures obertes, la integració sense fissures, els sistemes operatius, els entorns automa-

titzats de cicle de vida, la productivitat en el desenvolupament del *software*, el disseny de sistemes i el desenvolupament de *software* dins d'un entorn de sistema de sistemes asíncron i distribuït, i la gestió del cicle de vida del *software*.

Hamilton va començar a treballar en diversos projectes de *software* al Massachusetts Institute of Technology (MIT) a Boston, on va aprendre sobre sistemes i *software* per ella mateixa. Aleshores va obtenir un càrrec a la NASA com a desenvolupadora principal del *software* de navegació de l'Apollo. Durant els seus inicis en el projecte l'Apollo, es va adonar que el *software* no es prenia tan seriosament com altres disciplines de l'enginyeria dins i fora de la informàtica. Hamilton i el seu equip van crear mètodes, estàndards, regles i eines per desenvolupar el *software* de navegació. Per donar legitimitat al procés de construcció de *software*, va tenir la idea d'anomenar la disciplina *enginyeria del software*.

El curs 2017-2018 ha estat un any molt especial per a la FIB, ja que va celebrar el 40è aniversari. Des del 1977, la nostra escola ofereix ensenyament universitari de qualitat i excel·lència en l'àmbit de l'enginyeria informàtica, que respon a les necessitats de l'entorn social i econòmic. L'enginyeria del *software* i la programació amb criteris d'alta qualitat són elements bàsics de l'ensenyament a la FIB i constitueixen el domini de treball de diversos grups de recerca de la UPC. Per això, hem proposat aquesta candidatura i avui estem orgullosos de donar la benvinguda a la Sra.

Margaret H. Hamilton, pionera en la història de la informàtica, al Claustre de la UPC.

D'altra banda, la comunitat de l'enginyeria del *software* celebra el 50è aniversari de la disciplina enguany. Diverses institucions i conferències commemoren aquest fet arreu del món. Aquesta cerimònia de doctorat *honoris causa* és el nostre reconeixement de les contribucions de la Sra. Hamilton a aquesta disciplina, la disciplina a la qual ella va donar el nom.

A més, l'any vinent el món commemorarà el 50è aniversari de la primera arribada de l'home a la Lluna. Les contribucions de la Sra. Hamilton i el seu equip van ser crucials perquè l'Apollo 11 aterrés amb èxit a la Lluna el 20 de juliol de 1969. Per aquest assoliment històric, les escoles d'aeronàutica de la UPC, així com la FIB, estan orgullosos de donar-li la benvinguda com a nou membre del Claustre Universitari.

Certament, els èxits de la Sra. Margaret H. Hamilton han estat clau en els dos àmbits: l'enginyeria informàtica i l'enginyeria aeronàutica.

Margaret Heafield Hamilton, nascuda el 17 d'agost de 1936, a Paoli, Indiana, va estudiar matemàtiques a la Universitat de Michigan el 1954 i posteriorment es va llicenciar en matemàtiques, amb un mínor en filosofia, a l'Earlham College el 1958. Es va traslladar a Boston, Massachusetts, on el seu marit va anar a la Universitat Brandeis per fer un màster en química, seguit d'una llicenciatura en dret a l'Escola de Dret de Harvard. Durant aquest temps, Hamilton va treballar per donar suport a la seva família.

Hamilton volia fer estudis de postgrau en matemàtica abstracta a la Universitat Brandeis tan aviat com ella i el seu marit acabessin de fer torns per finalitzar els seus estudis en les escoles respectives. Esmenta una professora de matemàtiques com a mentora i com una influència important sobre el seu desig de continuar estudiant matemàtica abstracta. Va tenir altres inspiracions fora del món tecnològic, incloent-hi el seu pare, que era filòsof i poe-

ta, i el seu avi, director d'escola i ministre quàquer. Diu que tant el seu pare com el seu avi la van inspirar per estudiar filosofia.

Per preparar-se per als estudis de postgrau en matemàtica abstracta a la Universitat Brandeis, el 1959 va prendre un càrrec provisional al MIT per desenvolupar *software* per a la previsió del temps amb els ordinadors del MIT LGP-30, que va programar en hexadecimal, i PDP-1, per al professor Edward Norton Lorenz al departament de meteorologia.

Margaret H. Hamilton va desenvolupar el *software* per a un sistema de defensa aèria semiautomàtic (SAGE) als laboratoris Lincoln. Tan aviat com va sentir que el MIT buscava gent per desenvolupar el *software* per enviar l'home a la Lluna, es va unir al projecte de la NASA i el MIT per desenvolupar el *software* de navegació per a les missions tripulades. En aquest moment primerenc, la informàtica i l'enginyeria del *software* encara no eren disciplines; els programadors havien d'aprendre sobre la marxa, adquirir experiència amb la pràctica.

Del 1961 al 1963, va treballar en el projecte SAGE als laboratoris Lincoln, on va ser una dels programadors que va escriure *software* per al primer ordinador AN/FSQ-7 (l'XD-1), per buscar avions enemics; també va escriure *software* per als Laboratoris de Recerca de les Forces Aèries a Cambridge.

El projecte SAGE va ser una extensió del projecte Whirlwind, que va iniciar el MIT, per crear un sistema informàtic que pogués predir els sistemes meteorològics i rastrejar-ne els moviments amb simuladors. Aviat es va desenvolupar el SAGE per a ús militar en la defensa antiaèria de possibles atacs soviètics durant la Guerra Freda. Van ser els seus esforços en aquest projecte que la van fer candidata al lloc a la NASA com a desenvolupadora principal del *software* de navegació de l'Apollo.

A continuació, Hamilton es va incorporar al laboratori Charles Stark Draper al MIT, on va començar a treballar en el *software* de navegació per a les missions no tripulades de l'Apollo. Poc

després, van posar Hamilton a càrrec de tot l'equip que va desenvolupar el *software* de navegació per a les missions tripulades de l'Apollo i les missions Skylab posteriors. Això incloïa el *software* desenvolupat a l'ordinador de navegació de l'Apollo per al mòdul de comandament (MC), el mòdul lunar (ML) i les interfícies ("l'adhesiu") entre totes les fases de la missió. També incloïa el *software* de sistemes, que es compartia entre i residia dins del MC i el ML. El *software* de sistemes incloïa el *software* de detecció i recuperació d'errors, com ara els reinicis i les visualitzacions de prioritat, que Hamilton va dissenyar i desenvolupar. No es van produir errors de *software* durant els vols reals.

Va treballar per adquirir experiència pràctica durant un temps en què els cursos d'informàtica eren molt escassos i no existien cursos d'enginyeria del *software*.

La missió Apollo 11 va ser especial. Cap humà mai no havia aterrat a la Lluna abans. Tot anava perfectament fins que va passar una cosa totalment inesperada, precisament en el moment crític just abans de l'aterratge. Tres minuts abans que el mòdul d'aterratge arribés a la superfície de la Lluna, l'ordinador de navegació de l'Apollo es va sobrecarregar.

Les alarmes del programa van indicar "executive overflows", que significava que l'ordinador de navegació no podia completar totes les seves tasques en temps real i havia d'ajornar-ne algunes.

Tanmateix, gràcies als sistemes d'alarma i de tasques prioritàries desenvolupats per l'equip de Hamilton, la situació es va gestionar i les pantalles de prioritat van donar els astronautes l'elecció d'aterrar o no aterrar. I van aterrar. Els tripulants de l'Apollo 11 es van convertir en els primers éssers humans a trepitjar la Lluna i el *software* de l'equip de Hamilton es va convertir en el primer *software* a executar-se a la Lluna.

El Dr. Paul Curto, tecnòleg sènior que va nominar Margaret Hamilton per al Premi Space Act de la NASA, va dir que el treball de Hamilton era "la base per al disseny de *software* ultrafiable".

El grup d'enginyeria del *software* de Hamilton va treballar en diversos projectes després de l'Apollo.

El 1976, Margaret H. Hamilton va cofundar una empresa anomenada Higher Order Software. Ella en va ser la directora general del 1976 al 1984. L'objectiu era desenvolupar les idees sobre la prevenció d'errors i la tolerància a fallades que van sorgir de la seva experiència al MIT.

Van crear un producte anomenat USE.IT, basat en la metodologia del *software* d'ordre superior (*higher-order software*, HOS) desenvolupada al MIT. Es va utilitzar amb èxit en nombrosos projectes governamentals. Un dels projectes destacats va consistir a formalitzar i implementar el primer IDEF (Integration DEFINition) computable, el C-IDEF, per a les forces aèries, sobre una base formal de HOS.

Una anàlisi detallada de la teoria de HOS i del llenguatge AXES va ser utilitzada per Harel per desenvolupar un llenguatge derivat per a una forma més moderna de programació estructurada derivada del HOS, anomenat *llenguatge de programació And/Or*, des del punt de vista dels subobjectius and/or.

Harel va mostrar com el HOS i el seu llenguatge de programació and/or derivat es relacionen amb la lògica matemàtica, la teoria del joc i la intel·ligència artificial. Altres han utilitzat el HOS per formalitzar la semàntica dels quantificadors lingüístics i formalitzar el disseny de sistemes incrustats en temps real fiables.

Margaret H. Hamilton va abandonar la companyia el 1985 i va continuar treballant en la recerca del *software* lliure d'errors.

El març de 1986, es va convertir en la fundadora i directora general de Hamilton Technologies, Inc., a Cambridge, Massachusetts. La companyia es va desenvolupar al voltant del llenguatge de sistemes universal (USL) i el seu entorn automatitzat associat, el 001 Tool Suite, basat en el paradigma de desenvolupament abans dels fets (DBTF) de Hamilton per al disseny

de sistemes i el desenvolupament de *software*. Hamilton Technologies i els seus clients van desenvolupar moltes aplicacions amb l'USL.

Margaret H. Hamilton va encunyar el terme *enginyeria del software* durant el temps que va treballar en les missions Apollo. En cinquanta anys, aquesta disciplina ha guanyat el mateix respecte que qualsevol altra disciplina de l'enginyeria.

Des del principi, com a enginyera del *software* pionera, estava molt preocupada pels possibles errors i les situacions inesperades. Durant la seva llarga carrera professional i de recerca, ha desenvolupat criteris, metodologies, llenguatges i eines per als sistemes ultrafiabils. Ha publicat més de 130 articles, actes de congressos i informes sobre els 60 projectes i 6 programes significatius en què ha estat involucrada.

Els enginyers de Google reconeixen Margaret H. Hamilton com la primera enginyera de fiabilitat dels llocs (*site reliability engineer*).

Esmentaré alguns dels honors i premis que ha rebut: el 22 de novembre de 2016, va ser guardonada amb la Medalla Presidencial de la Llibertat pel president dels Estats Units, Barack Obama, pel seu treball liderant el desenvolupament del *software* de navegació de les missions Apollo a la Lluna de la NASA. Aquest és el màxim honor civil als Estats Units.

El 1986, va rebre el Premi Ada Lovelace de l'Association for Women in Computing. El 2003, va rebre el Premi Exceptional Space Act de la NASA per les contribucions científiques i tècniques. El guardó estava dotat amb 37.200 dòlars, la quantitat econòmica més gran atorgada a qualsevol persona en la història de la NASA. El 2009, va rebre el premi per a destacats antics alumnes de l'Earlham College.

El 28 d'abril de 2017, va rebre el Premi Fellow del Museu de la Història de l'Ordinador, que destaca dones i homes excepcionals les idees dels quals han canviat el món.

L'any 2017, es va posar a la venda un conjunt de LEGO anomenat Dones de la NASA, que conté (entre altres coses) petites figures de Margaret Hamilton, Mae Jemison, Sally Ride i Nancy Grace Roman.

Les contribucions de Margaret H. Hamilton han tingut un paper important per aconseguir que els éssers humans arribin a la Lluna, donar legitimitat a l'enginyeria del *software*, donar importància a la fiabilitat del *software* i ajudar a obrir la porta del camp de la informàtica a més dones.

Gràcies, Margaret, per totes les teves contribucions!