

Fulgor y Ocaso de CEUNS. Una apuesta a la tecnología nacional en el Sur de Argentina

Raúl Carnota[§] y Ricardo Rodríguez[¥]

[§]Proyecto SAMCA (Salvando la Memoria de la Computación Argentina)¹; carnotaraul@gmail.com; [¥] Depto. Computación (FCEyN-UBA); ricardo@dc.uba.ar

Resumen. Entre 1961 y 1965 un grupo de investigadores de la Universidad Nacional del Sur (UNS), situada en la ciudad de Bahía Blanca, Argentina asumió el desafío de diseñar y construir una computadora. El proyecto, que comenzó en un contexto favorable, tuvo que ser abandonado a causa de las penurias materiales. Mientras el grupo sureño luchaba contra las dificultades, la tecnología de construcción de computadoras sufrió importantes cambios. Otros proyectos similares, que llegaron a buen término y que fueron realizados en países no centrales, como Israel y Australia, incluyeron aspectos de esos cambios en sus diseños. A diferencia de estos últimos, el proyecto del Sur es ignorado en la actualidad por las "historias oficiales" de las propias unidades académicas de la UNS. El presente trabajo analiza los contextos políticos y tecnológicos iniciales, realiza por primera vez una presentación completa del nacimiento, evolución y final del proyecto e intenta explicar su final y posterior olvido a partir de los cambios producidos en las condiciones iniciales.

Abstract. Between 1961 and 1965 a group of investigators of the National University of the South (UNS), in the city of Bahía Blanca, Argentina, assumed the challenge of designing and building a computer. The Project that began in a favorable context had to be abandoned because of the material penuries. While the southern group fought against the difficulties, the technology of construction of computers suffered important changes. Other similar projects that arrived to good terms and that they were carried out in non central countries, as Israel and Australia, included aspects of those changes in their designs. Contrarily to the last ones, the project of the South is ignored at the present time by the "official histories" of the academic units of the UNS. The present work analyzes the initial political and technological contexts, carrying out a complete presentation of the birth, evolution and final of the project and trying to explain its end and posterior forgetfulness, beginning with the changes taken place in the initial conditions.

1 Introducción

Durante la década de 1950 e inicios de la siguiente, numerosos centros académicos de varios países se plantearon proyectos de construcción de computadoras. En la Argentina, hacia el final de ese período, surgieron dos de ellos, en el marco del proceso de renovación universitaria del período postperonista [4]. El primero fue la Computadora Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (CEFIBA), cuyo objetivo prioritario era la formación de un grupo de ingenieros

¹ Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la SECyT de la Universidad Nacional de Río Cuarto y el MinCyT del gobierno de Córdoba (Argentina).

capaces de dominar la nueva tecnología [7]. El segundo se desarrolló en la Universidad Nacional del Sur (UNS), situada en la ciudad de Bahía Blanca (BB), y se proponía construir una computadora realmente operativa para la Universidad que pudiera luego ser transferida a la industria nacional.

El proyecto CEUNS² fue ideado por el Ing. Jorge Santos durante su estadía de un año en la Universidad de Manchester, donde colaboró en el diseño del modelo Atlas, primer equipo de transistores que produjo la empresa Ferranti. La pretensión de construir un computador en la remota BB se sostenía, tanto en las convicciones de Santos, compartidas con el grupo innovador de la UBA al que estaba ligado, en torno a la necesidad de promover la independencia tecnológica y, a través de la misma, el desarrollo económico y social del país, como en una serie de condiciones favorables técnicas, académicas y políticas.

Santos se apoyó en un trabajo presentado en 1959 por el investigador israelí M. Lehman [12], que fundamentaba la posibilidad técnica y económica de construir una computadora “de bajo costo”. Por otra parte en el ambiente universitario y científico del país se vivía un clima muy especial. Se había constituido en 1958 el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CNCyT) y existían significativos fondos gubernamentales para las actividades de C&T.([4],[8], [17]) La UNS, fundada en 1956, ya albergaba, además del Laboratorio de Computación dirigido por Santos, otros núcleos importantes de investigación en diversas áreas como Edafología, Biología Marina y una escuela de Matemática, liderada por la prestigiosa figura de Antonio Monteiro, quien brindó al proyecto soporte político e intelectual.

A su regreso a BB, en octubre de 1960, Santos logró, por intermedio del Rector de la UNS, que la Legislatura de la Provincia. de Buenos Aires (PBA) votara un subsidio destinado a la construcción de la computadora.

El proyecto CEUNS comenzó en 1961 con estos auspicios favorables.

Cuatro años más tarde, mientras la computadora proyectada por Lehman, ya estaba operativa, la construcción de la CEUNS, pese al esfuerzo y constancia de Santos y su equipo, tuvo que ser abandonada.

¿Cómo explicar este fracaso de un proyecto iniciado en unas condiciones tan positivas?

La causa directa fue la aguda falta de recursos humanos y materiales debida, fundamentalmente, a un cambio de las condiciones políticas, lo que convirtió al proyecto en patrimonio casi exclusivo de un pequeño grupo de desarrollo. Por otra parte entre su formulación y su abandono se había producido un cambio de foco en el diseño de las computadoras, con la incorporación de componentes de “software”.

Luego del abandono del proyecto cuando, finalmente, en la década de 1980, se constituyó formalmente un campo profesional y científico en computación dentro de la UNS, la experiencia de CEUNS fue ignorada como antecedente en las “historias oficiales” de las unidades académicas de la UNS.

El presente trabajo, apoyado en el análisis de archivos personales e institucionales, y en los testimonios orales y escritos de numerosos protagonistas, se propone lograr una mejor comprensión del episodio CEUNS, al presentarlo en forma integrada con la historia argentina y con la evolución de la ciencia y la tecnología de las

² Computadora Electrónica de la Universidad Nacional del Sur. Antes del presente trabajo, el proyecto sólo apareció tratado con algún detalle en [3].

computadoras. También busca señalar cómo una mirada “presentista” de las historias institucionales tiende a desconocer aquellos episodios que escapan al punto de vista actual. Finalmente es interesante notar que el proyecto fue un intento de desarrollar tecnologías “adecuadas” al contexto local, una cuestión que posteriormente y hasta hoy ha sido objeto de múltiples iniciativas y debates.

La sección 2 resume las condiciones de contexto iniciales y la sección 3 se dedica al desarrollo de CEUNS: su entusiasta formulación, sus primeros resultados y su abandono final. En última sección se discute el cambio de las circunstancias políticas y tecnológicas iniciales y se reflexiona sobre la memoria histórica.

2. Los contextos de surgimiento de CEUNS.

2.1 Computadoras de “bajo costo”: Comprar o Construir?

Los diversos intentos de a finales de la década de 1950 de construir computadoras de “bajo costo” estuvieron técnicamente habilitados por tres novedades: la aparición de los transistores y con ellos los circuitos de estado sólido que necesitaban y disipaban muchísima menos energía; la construcción de memorias en redes de núcleos magnéticos en lugar de tambores giratorios para el almacenamiento primario; y, originalmente menos importante pero de fuerte impacto con el correr de los años, la conceptualización de la multiprogramación. Los primeros intentos de la industria, como los de Digital Equipment Corporation (DEC) aun no cubrían ese nicho. La PDP-1 se comercializaba en 1959 a unos ciento veinte mil dólares.

Una justificación conceptual y económica para ese tipo de proyectos la dió M.M. Lehman en 1959 [12].³ Lehman revistaba en el Ministerio de Defensa de Israel y había trabajado anteriormente para Ferranti. Su análisis sostenía que el 10% del precio de un equipo en venta en el mercado correspondía a componentes y otro 15% a mano de obra. El 75% restante estaba compuesto por gastos de publicidad y ventas, sobrecostos varios y ganancias empresarias. Allí especificaba el diseño de una computadora cuyo costo en componentes y materiales no debía exceder los doce mil dólares, a ser construida en dieciocho meses por un equipo *full time* compuesto por 6 matemáticos e ingenieros con calificación académica y 4 técnicos electrónicos que dispusieran de un laboratorio instalado y de los servicios de infraestructura “habituales” en los centros académicos. Para Lehman la construcción (en lugar de la compra) de una computadora sería de particular relevancia *“para organizaciones ubicadas en áreas de monedas débiles o subdesarrolladas, ya que parece que el gasto de divisas fuertes que implica comprar una máquina puede frecuentemente reducirse en un noventa por ciento si la máquina es construida localmente”*[12]. También mencionaba la posible creación de una industria local a partir de la transferencia del desarrollo, una vez que fuera demostrado el éxito del proyecto inicial. Este fue un

³ Se presentó en la Conferencia sobre Procesamiento de Información, convocada por UNESCO que dió lugar a la constitución de IFIP y albergó un “Symposium on the Logical Organization of Very Small Computers” <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001267/126713EB.pdf>.

punto clave en el planteo de CEUNS.⁴ La especificación de Lehman estaba orientada a la constitución lógica y física de las memorias. Programación era un término que denotaba exclusivamente a las aplicaciones o a los lenguajes para construirlas. Esta concepción era la misma que adoptaría Santos en la formulación de su proyecto.

2.2 La introducción de la computación en Argentina.

En el año 1960 Argentina festejaba los ciento cincuenta años de la Revolución que dio inicio a su independencia de España. Ese año fue clave en la introducción de la computación en el país. Durante la exposición del aniversario, IBM presentó un modelo 305 que contestaba preguntas del público. Poco después instaló una 650 con sistema de discos Ramac en su Data Center y colocó otra en la empresa Transportes de Buenos Aires. En noviembre llegó a Buenos Aires la Ferranti Mercury (FM) para el nuevo Instituto de Cálculo (IC) creado en la Facultad de Ciencias Exactas (FCEyN) de la UBA. Durante ese mismo año Ferrocarriles Argentinos había recibido dos equipos UNIVAC SS-90 de la nueva tecnología de estado sólido y se fundaron sociedades profesionales como la Sociedad Argentina de Cálculo (SAC) y la Sociedad Argentina de Investigación Operativa (SADIO). El año siguiente se puso en marcha la FM y los equipos Univac, se realizó el primer Congreso de la especialidad y se instalaron en algunas otras empresas equipos IBM [3].

2.3 La renovación universitaria y la Universidad Nacional del Sur

La UNS se fundó en enero de 1956, a pocos meses del derrocamiento del gobierno del Gral. Perón, sobre la base del Instituto Tecnológico del Sur (ITS), que tenía una débil tradición docente y una nula de investigación ([6];[9]). El Rector organizador fue el filósofo Vicente Fatone, un referente de la renovación universitaria.⁵ Acompañaron a Fatone figuras destacadas de ese movimiento, como el Dr. Rolando García futuro decano de Ciencias Exactas de la UBA y el economista crítico Enrique Silberstein. Fatone y sus asesores procuraron plasmar en la UNS dos cuestiones: el estímulo a la investigación, a través de la dedicación exclusiva y la renovación universitaria a través de la organización departamental de la docencia, complementada por la creación de Institutos de Investigación, aspectos en los que fue pionera en el país.⁶

⁴ Ernesto García Camarero nos señala que en la época la opción comprar o construir no pasaba por el costo, dado el alto precio de las computadoras “industriales”. Comprar producía “rendimiento” inmediato a costa de iniciar una dependencia tecnológica en un área aun incipiente, a la cual “cabía la esperanza de incorporarse desde sus comienzos”. Comunicación personal. Junio de 2010. En 1960 de la UNAM surgió la propuesta de un proyecto latinoamericano de desarrollo de una computadora de costo menor a 20 mil usd.

⁵ Fatone había integrado la terna de candidatos a rector de la UBA que la federación estudiantil porteña (FUBA) le presentó al gobierno surgido del golpe de estado antiperonista Ver [4].

⁶ “El proceso de modernización académica de la Universidad postperonista, cuyo paradigma fue la FCEyN-UBA, tuvo dos nudos conectados pero diferenciados: a) la cuestión del desarrollo científico-tecnológico, relacionada en términos histórico-ideológicos, con la perspectiva y la problemática -tanto local como latinoamericana- del desarrollo...y .b) la

Las condiciones para promover el proyecto universitario renovador en BB eran inicialmente favorables. La UNS era un antiguo anhelo de la población bahiense desde más de 30 años atrás. Existía una estructura previa, el ITS, pero su accidentada trayectoria no había permitido la constitución de sólidos núcleos de poder interno que, como ocurrió en la UBA, opusieran una resistencia importante a las nuevas propuestas.([9]; [17]). La principal fuerza interna organizada era la Federación Universitaria del Sur (FUS), de orientación reformista.⁷ Por otra parte se vivía un momento de promoción de las actividades de ciencia y tecnología en el país, en el marco del proyecto “desarrollista”.⁸ La UNS contó, en sus primeros tiempos, con recursos suficientes como para lograr la instalación de profesores con dedicación exclusiva en BB con el fin de constituir núcleos de investigación, algo poco habitual en la vida universitaria argentina hasta ese momento.

2.4 La formación del Seminario y Laboratorio de Computación.

Jorge Santos se había graduado en la FIUBA, donde había sido ayudante de cátedra hasta que, en 1953, su contrato no fue renovado, al igual que el de otros docentes, entre ellos Manuel Sadosky, por no estar afiliados al partido gobernante.⁹ Las solidaridades creadas entre los docentes desplazados dieron lugar a que, cuando Fatone se hizo cargo de la UNS, invitara a Santos a integrarse a la misma.¹⁰ Esto implicaba mudarse a BB con un contrato de dedicación exclusiva y con una remuneración acorde, dos novedades para el estándar universitario de la época.

Santos conocía el nuevo fenómeno de la computación a través de la influencia intelectual de Manuel Sadosky [1]. Lo que sabía de las computadoras provenía “...de hablar con Sadosky, que decía ‘tenemos que hacer una máquina, en lugar de diez mil

cuestión de la educación superior y su transformación, vinculada con la ancha corriente del pensamiento y movimiento reformista...” [8]

⁷ “No queremos una Universidad mas, sino una Universidad nueva” era el lema de la FUS que presidía la Comisión Popular Pro Universidad del Sur. Ver [9].

⁸ El proyecto universitario renovador coincidió, en esos primeros años, con algunas facetas sustanciales de la política gubernamental que reconocía en la promoción de la ciencia un instrumento fundamental para asegurar el “desarrollo” económico, en el contexto de las teorías promovidas por la CEPAL. Los recursos económicos dispuestos a apoyar la tarea científica en la Universidad se incrementaron significativamente en un marco internacional de aumento general de dichos fondos [4].

⁹ “En 1953 fue reformada la Ley Universitaria de 1947, adjudicándose el Estado la potestad de regular la administración interna de las casas de estudio y las pautas de los cursos. Este cambio... impulsó un nuevo y lento proceso de expulsión de alumnos y docentes que rechazaron los requerimientos de adhesión explícita al gobierno”. [4] Págs. 164 y 165.

¹⁰ “En el año '53... terminaron de echar a los últimos no afiliados peronistas que quedaban... Y en ese momento Fatone agarró la dirección de la traducción de la enciclopedia francesa Quillet de treinta tomos. Sadosky era la cabeza del grupo que traducía todas las voces que decían “tecnología”,... Y Sadosky las distribuía, tenía una tercera línea. Y yo me contacté con Sadosky y me dice ‘Mire, quiere hacer traducciones?’ ‘Sí, fenómeno’. Yo jamás lo había visto a Fatone, a Sadosky sí. Y cuando se creó la Universidad del Sur y nombraron rector organizador a Fatone, éste empezó a averiguar por sus lugartenientes de la Quillet, qué tipos tenían...” Testimonio del Ing. Santos, Entrevista de los autores, Bahía Blanca. Junio de 2009.

*válvulas va a tener dos mil válvulas, pero hay que hacerla'. Todo lo que yo sabía era a través de los artículos de Sadosky, que salían en las revistas de la época".*¹¹ A poco de instalarse en Bahía, Santos propuso a un grupo de estudiantes y graduados jóvenes de ingeniería la constitución de un "Seminario de Lógica y Diseño de Computadoras" que, en 1957, ya estaba en pleno funcionamiento. A la vez conformó el Laboratorio de Computadoras para realizar actividades de ingeniería. Esta iniciativa ocurrió al mismo tiempo que las primeras actividades encaradas en Buenos Aires.¹²

Fue en la UBA y en la UNS, escenarios destacados de la renovación universitaria, donde se promovieron los primeros desarrollos de la computación en la Argentina

Para 1958 en el Laboratorio de Computación se construyó una Unidad Aritmética sencilla [19]. Santos y uno de sus colaboradores, Héctor Arango, también realizaron un primer trabajo teórico [20] y asistieron al curso de Algebra de la Lógica dictado por Monteiro, lo que influyó significativamente en una línea de trabajos teóricos paralela al desarrollo de CEUNS y que, a diferencia de éste, sobrevivió en la memoria histórica.¹³

El empuje del grupo de computación fue fundamental para solicitar la creación del Departamento de Electrotecnia (DE) de la UNS como unidad académica separada de Ingeniería.¹⁴ Por otra parte, funcionarios de la UNESCO, que visitaron BB en 1957 y 1958 discutieron con las autoridades la posibilidad de constituir un "Centro Regional de Lógica-Matemática y Computación" en la ciudad,¹⁵ y declararon haber obtenido una " impresión muy favorable" respecto del "grupo de investigadores y estudiosos de lógica, matemática y de computadores matemáticos que encabezan respectivamente el profesor Monteiro y el ingeniero Santos".¹⁶

3. El proyecto CEUNS.

3.1 La experiencia de Manchester y la formulación de CEUNS

Una de las primeras actividades del flamante CNICyT, presidido por Dr. Bernardo Houssay, fue otorgar becas cortas de perfeccionamiento en el exterior a las nuevas camadas de investigadores de las Universidades. Santos fue seleccionado y salió del país en agosto de 1959. Su tema de estudio fue "Diseño lógico en computadoras digitales".¹⁷ El lugar de trabajo era la Universidad de Manchester, que trabajaba en

¹¹ Testimonio del Ing. Santos. Entrevista de los autores. Bahía Blanca junio del 2009.

¹² En Buenos Aires, en 1957, se realizó un ciclo de Conferencias Públicas para difundir la computación y se constituyeron Seminarios en Ingeniería y en Ciencias Exactas de la UBA. [3]

¹³ En la UNS Monteiro había comenzado a promover estudios teóricos en temas ligados a la computación. También logró que la UNS se suscriba a revistas como *Communications of the ACM* y *The Journal of Computers*. Agradecemos a Lic. Leticia Giretti de la Biblioteca Monteiro de la UNS. Sobre Monteiro ver www.antonioanictomonteiro.blogspot.com

¹⁴ Hay una nota firmada por profesores y alumnos en Exp. 2598- Ejercicio 1957/58 de la UNS.

¹⁵ La referencia aparece en el Acta 111 del Consejo Superior de la UNS, que refleja la reunión del 10 de marzo de 1958, en la que también participaron Monteiro y Santos.

¹⁶ La Nueva Provincia (diario de Bahía Blanca) del 18/4/58, reflejando la visita de James Swarbrick, subdirector del Centro de Cooperación Científica de UNESCO en Montevideo.

¹⁷ "Logical Design of Digital Computers" de M. Phister, había sido publicado recién en 1958.

alianza con la empresa Ferranti y de donde había surgido el equipo Mercury adquirido por el IC de la UBA. La estadía de Santos en Manchester coincidió con el diseño del Atlas, sucesor de la Mercury, proyecto dirigido, al igual que el anterior, por Tom Kilburn. Gran Bretaña era líder en el diseño de computadoras¹⁸ y Santos participó en el equipo, desarrollando el algoritmo de división [18].

Sin embargo, el resultado principal de su estadía fue otro. En el ambiente productivo de Manchester empezó a plasmarse lo que había sido una indicación de Sadosky años atrás: “tenemos que hacer una máquina”¹⁹. No se trataba de una fantasía. En la Argentina de esos años tenía un peso importante el ideario “desarrollista” que postulaba la industrialización como camino para la superación del “subdesarrollo”. ([5]; [10]) Santos, influenciado por esta visión, imaginaba la inminencia de un proceso de industrialización que “...no necesariamente... deba reproducir paso a paso la evolución histórica de otros países mas industrializados..”. de lo cual infería que las nuevas industrias poseerían “...un grado elevado de automatización y un uso intensivo de elementos de control y cálculo digital...” y, por lo tanto, se daría el “comienzo de una utilización intensiva de computadores...”²⁰

Esta difusa concepción “desarrollista” se combinaba, en muchos casos, con la clara conciencia de la dependencia tecnológica de los centros de poder mundial y la búsqueda de su superación. El proyecto CEUNS había sido enmarcado en el “desarrollo de tecnologías no existentes en el país, no publicables en revistas científicas pero que hacen a la independencia tecnológica” [23]. Resaltando esta determinación, el mismo grupo realizó en paralelo una producción teórica destacada, con publicaciones de impacto internacional [2]. Por otra parte se inspiraba en los cálculos de factibilidad técnica y económica explicitados por Lehman.([12]; [21])

La construcción en Argentina de una computadora pequeña de costo limitado parecía un objetivo loable y alcanzable.

3.2 Puesta en marcha del Proyecto CEUNS.

Cuando Santos regresó a BB su fuerte convicción tenía sustento. En dos años había creado un grupo de trabajo con resultados, había recibido reconocimientos y apoyos, venía de un año de estadía en un lugar “de punta” donde había puesto “las manos en la masa”, en la tarea de diseño del más avanzado de los computadores del momento y tenía un proyecto elaborado y sustentable. Con ese empuje logró entusiasmar al Dr. Martella, rector de la UNS y, éste, a su vez, a un diputado provincial de la zona. La conjunción de entusiasmo, proyecto sólido y el ambiente político favorable logró que la Legislatura provincial votara ese mismo fin de año un subsidio de 100 mil dólares

¹⁸ “Los inventores de la memoria virtual son Kilburn y compañía, la memoria virtual se implementó en ATLAS, era una máquina que tenía un montón de innovaciones y sin embargo IBM desde el punto de vista comercial fue mucho más exitosa Par a par, siempre la máquina inglesa era mejor, pero la máquina norteamericana se vendía y la máquina inglesa no.” Testimonio del Ing. Santos, 6/ 2009. Ver <http://www.computer50.org/kgill/atlas/atlas.html>.

¹⁹ “La posibilidad concreta de desarrollar una máquina, con especificaciones preliminares y análisis de costos, debe haber sido de principios del 60. Cuando vine a la Argentina, entonces sí ya venía con la idea 'vamos a hacer una atlitas'.” Testimonio del Ing. Santos. 6/ 2009.

²⁰ De la presentación de CEUNS por Santos. Exp.616/61de la UNS..

para la concreción material de la CEUNS en cinco cuotas correspondientes a los años programados para la finalización.²¹ En el presupuesto provincial para 1961 quedó incluida la primera cuota de veinte mil.

El proyecto se elevó al rector y al CS de la UNS en enero de 1961.²² La presentación proponía como meta la puesta en marcha del Centro de Cálculo de la UNS equipado con la máquina a construir. Se consideraba que los cinco miembros del Seminario, en la medida en que tuvieran dedicación full time, con las remuneraciones correspondientes, serían suficientes, con el agregado de un “asesor matemático” para desarrollar los “métodos de programación”. Santos tomaba como un hecho el subsidio votado por la PBA y proponía una distribución del mismo donde un 25% era para componentes y materiales y el resto para remuneraciones, contratación del “asesor” y becas y viajes de intercambio. El laboratorio era considerado adecuado mientras no se incorporara más gente al equipo.²³ Aunque el objetivo era un desarrollo dentro y para la Universidad, estaba presente la idea de transferirlo a la industria argentina.²⁴

Una breve caracterización de la CEUNS apareció en el Boletín de la Sociedad Argentina de Cálculo (SAC).²⁵ “*Entre las características esenciales de este computador podemos señalar que... se ha decidido que sus códigos de operación y su forma operativa estén basados en los del Mercury. Esto permitirá iniciar especialistas en el trabajo con el computador CEUNS..., que luego podrían pasar a trabajar en el Mercury sin mayores dificultades. El CEUNS contará con una memoria de trabajo, con acceso inmediato a núcleos magnéticos, de 64 palabras de 36 bits dividida en 4 páginas. Esta memoria es ampliada con otra, también a núcleos magnéticos y de acceso inmediato, de tipo fijo. La memoria fija contendrá las rutinas de raíz cuadrada, logaritmo, división y seno en 128 palabras y no es modificable.*

Los datos e instrucciones serán mantenidos en un tambor magnético de 9000 palabras y desde allí transferidos-por páginas- a la memoria de trabajo. El programa será secuencial; un registro de próxima instrucción llevará la cuenta y se podrá modificar para producir una bifurcación. La entrada será por medio de un lector de cinta de papel y la salida por un perforador de cinta o por una máquina de escribir.”

El diseño de CEUNS mantenía un “aire de familia” con el original de Lehman.²⁶

²¹ Exp. 616/61 de UNS. Además en este punto coinciden los distintos testimonios.

²² La presentación está contenida en el. Exp. 616/61 de la UNS.

²³ El grupo en ese momento lo formaban Santos, Héctor Arango, Bety Kerleñevich, Natalio Kerleñevich y E.Chapunov, como técnico. HA y NK estaban recién graduados y BK llevaba 5 años como ingeniera. NK había obtenido una beca para estudiar un año en el MIT. El laboratorio estaba adquiriendo un oscilógrafo con un subsidio del CNCyT. La partida para componentes y materiales era el doble de lo presupuestado por Lehman y por el propio Santos en su elaboración previa, pero se correspondía con un reparto lógico del subsidio.

²⁴ “*Yo me vine con Kilburn en la cabeza. Pensaba que la Universidad del Sur es a Argentina lo que Manchester es a Inglaterra.*” Testimonio del Ing. Santos. “*El objetivo era...desarrollar una capacidad nacional en el campo estratégico de la computación*” y “*construir un computador que...sirviera como prototipo industrial*”. Héctor Arango. Com. Pers.. 11/ 2009. “*El proyecto CEUNS, ... implicaba hacer tecnología nacional, éste era el determinante fundamental en el que radicaba el gran valor del proyecto.*” Victoria Bajar. Com. Pers. 4 / 2009

²⁵ Boletín nro. 2 (enero de 1961) de la SAC. <http://www.elgranerocomun.net>

²⁶ El de Santos se proponía punto flotante en lugar de fijo; base octal en vez de binaria directa y una memoria interna con rutinas fijas y otra rápida para intercambio con el tambor ([12],[21]).

3.3 Comienzan las dificultades

En agosto de 1961, el gobierno de la PBA libró una orden de pago por un monto de 1.300.000 pesos m\$n²⁷ Santos propuso asignar ese dinero: contratación por 18 meses del técnico, un flujo asegurado para gastos menores por un año y una reserva importante para la compra de componentes. Al demorarse la recepción de esa cuota, Santos solicitó a las autoridades de la UNS un adelanto de 20 mil pesos so pena de parálisis del proyecto, lo que le fue otorgado. Para colmo, en ese tiempo su equipo había menguado y se había reducido a sólo dos personas de dedicación plena.²⁸ Finalmente el pago se hizo efectivo y el técnico pudo ser contratado, pero fue lo único que se percibió del subsidio. En marzo de 1962 una crisis política desencadenó la intervención federal a la PBA, incluyendo la disolución de su Poder Legislativo, y, poco después, el presidente Frondizi fue derrocado. Si bien estos actos no implicaban la derogación de lo aprobado más de un año atrás, evidentemente las relaciones de representación política y el marco ideológico que habían posibilitado el logro de ese apoyo financiero se habían quebrado.

3.4 “Asesores matemáticos” y desarrolladores de “software.

Cuando Santos presentó el proyecto en la UNS, consideró natural incluir la figura de un “asesor matemático” dentro del equipo de diseño de la computadora.²⁹ En Buenos Aires, había conocido a Ernesto García Camarero (EGC), joven matemático español discípulo de Julio Rey Pastor y, a la sazón, jefe de programación del IC.³⁰ En marzo de 1962 EGC, invitado por Monteiro, dictó en BB dos conferencias públicas sobre Programación y Aplicaciones Científicas de las de Computadoras. A los pocos días se elevó una propuesta para que EGC se convirtiera en el “asesor matemático” de la CEUNS y, a la vez, introdujera la computación como una nueva orientación entre los matemáticos. Monteiro y Santos se aunaron para lograr que el Consejo Superior de la UNS aprobara, luego de varios meses de objeciones y dificultades, un contrato para EGC que lo comprometía a instalarse en la UNS una semana por mes para colaborar con CEUNS y dar cursos de Computación en el DM.³¹

EGC dictó los primeros cursos de computación de la región y colaboró con Santos en el diseño del conjunto de instrucciones de CEUNS y la definición de los algoritmos básicos.³² Asimismo orientó el desarrollo de dos programas para CEUNS: un testeador de circuitos y un intérprete que permitiera ejecutar un programa escrito

²⁷ Equivalentes a 15.711 usd. Tipo de cambio del 30/6/61. Exp. 616/61 de la UNS (Orden.613).

²⁸ NK no volvió del MIT, BK dejó el proyecto y el técnico EC fue reemplazado por M. Pascual.

²⁹ Presentación del Proyecto CEUNS al Rector de la UNS. Exp. 616/61 UNS.

³⁰ EGC había trabajado en Roma, en una Mercury, y era uno de los rarísimos “programadores con experiencia” de la época. Su interés por las aplicaciones no numéricas de las computadoras lo convirtió en el referente de los primeros jóvenes que comenzaban a sentirse atraídos por “*la belleza de la programación*”. Bajar Victoria. Comunicación personal a los autores. 4/ 2009.

³¹ Monteiro jugó un rol decisivo, ya que debió convencer personalmente a Sadosky de prescindir de EGC en el IC por una semana al mes. Exp. 1290/62 UNS.

³² García Camarero, Ernesto. El lenguaje absoluto CEUNS. <http://www.elgranerocomun.net>

en lenguaje de máquina CEUNS en la Mercury del IC.³³ Este último era parte de las definiciones de compatibilidad con la FM. La iniciativa del primero se debió a EGC y fue un desarrollo avanzado para la época.³⁴

EGC renunció a fines de 1963 y su rol lo continuó Victoria Bájar (VB) una programadora del IC, formada como tal junto a EGC, y primera egresada de Computación Científica en la UBA. VB realizó el diseño del lenguaje simbólico macroensamblador, así como el diseño y construcción de su traductor a lenguaje máquina, y del cargador del mismo en el lenguaje máquina. Para esto se valió de su breve experiencia en el IC y de sus propios criterios. En la Argentina de 1964 esos desarrollos eran totalmente originales.³⁵

3.5 Primer logro del proyecto CEUNS.

“Pondrán hoy en marcha un Cerebro Electrónico” era el título de una importante nota publicada en la edición del 19/10/1962 del diario local La Nueva Provincia. En la misma se informaba que en ese día “se formalizará la inauguración oficial de una nueva instalación ubicada en el Departamento de Electrónica de la Universidad Nacional del Sur...Se trata del laboratorio donde se construye un computador electrónico que se conoce con las siglas CEUNS...y responde a un proyecto que se viene desarrollando en nuestro medio desde hace exactamente 18 meses”. El Ing. Jorge Santos, Director del proyecto y el Ing. Héctor Arango, informaban que “El computador está en desarrollo, hemos llegado a una etapa. A partir de hoy vamos a liberar al servicio el equipo de teleprinter y el autotransmisor, que podrán ser utilizados por usuarios de la zona que necesitan resolver trabajos complicados. Nosotros trabajamos con el Instituto de Cálculo de la Facultad de Ciencias Exactas de Buenos Aires, existiendo un acuerdo: aquí editamos los programas-cinta donde se plantean los problemas- y en Buenos Aires se procesan, luego retornan a BB donde se traducen e imprimen los resultados”.³⁶ Más allá del título sensacionalista de la nota, lo que se inauguraba era un componente periférico del proyecto que, además, serviría para paliar la carencia de una computadora en la UNS.³⁷

³³ Fueron escritos en PIG-2, el lenguaje de bajo nivel de la FM, y desarrollados en parte en el IC. En la programación participaron V. Bájar y Alicia Chacur, quien así presentó su tesis en Matemática. <http://www.elgranerocomun.net/Programa-interpretativo-de-CEUNS.html>

³⁴ Lehman publicó algo similar al mismo tiempo. Ver [13].

³⁵ “En la UNS, en el grupo de Electrotecnia, la disposición a discutir acerca de la construcción de software per se, era más amplia que en Buenos Aires, donde estábamos más enfocados a software para la resolución de determinados problemas.” Com. personal de V. Bájar. 5/ 2010.

³⁶ Diario La Nueva Provincia. Bahía Blanca. 19 de octubre de 1962.

³⁷ Se perforaba una cinta de papel con el programa en la teleprinter, en un lenguaje de la Mercury y se mandaba al IC. Los resultados volvían en cinta de papel a BB donde se ingresaba al autotransmisor y la teleprinter los imprimía. Com. personal de Jorge Santos, junio de 2009.

3.6 Un punto de inflexión en 1962.

En septiembre de 1962, Santos, que había accedido por concurso al cargo de Director del DE, presentó al Rector y al CS un informe del estado de CEUNS al 31 de julio de ese año.³⁸ Vale la pena detenerse en cómo era la estructura del Plan de Desarrollo. El mismo contenía 7 ítems (U. Aritmética, U. Control, Mem. Fija, Mem. Anillos, Tambor, U. Entrada y Salida y Programación) y en cada caso se prevéan 4 tareas: diseño lógico, diseño electrónico, construcción y puesta a punto. En el rubro “Programación” sólo se consideraba “diseño lógico” y “puesta a punto”. El informe reflejaba un importante grado de cumplimiento del Plan, incluía algunos ajustes en el diseño original de las memorias, y proponía una actualización del plan por los 3 años siguientes. [22] Se había adelantado en la construcción de los periféricos (que se presentaron en octubre), en la incorporación de la memoria externa (el tambor) gracias a un préstamo indefinido de Kilburn y a un aporte del CNCyT para el traslado e ingreso al país y en el ítem Programación, previsto recién en el tercer año, gracias a la incorporación de EGC. Por otro lado *“el fracaso de la licitación para la adquisición de las matrices de anillos magnéticos, así como la demora del Gobierno de la Provincia en hacer efectivas la segunda y tercer cuota del subsidio...nos colocarán en una situación sumamente difícil en un plazo de 3 a 6 meses”*.³⁹ En concreto se atrasaba el diseño electrónico y la construcción de la Memoria de Trabajo. La única construcción realizada era el 20% de la U. Aritmética. El informe reflejaba claramente que se había llegado a una meseta de la cual iba a ser muy difícil salir sin recursos financieros. Además el equipo humano no se había reconstituido. Si el plan contemplaba cinco personas con dedicación plena más el matemático, sólo estaban participando con ese grado de compromiso tres personas.

3.7 Un largo ocaso.

En marzo de 1963 la Gaceta de la UNS dedicó una página a reseñar el proyecto. Sin embargo del texto no surgen avances sobre la situación de octubre del año anterior. Incluso se insinúa un retraso de la construcción efectiva al afirmarse que: *“El plan prevé dos años de diseño lógico e investigación básica en circuitos, dos años de construcción efectiva y un año de puesta a punto.”*⁴⁰ Ya no se hablaba del subsidio y el trabajo continuaba al ritmo de los escasos aportes del CNCyT o del presupuesto universitario. El equipo humano con dedicación plena para desarrollo del hardware lo componían Santos, Arango y Pascual. Ese año se vio reforzado en parte por la llegada al a UNS de Max E. Valentinuzzi.⁴¹ Adicionalmente se contaba con la participación parcial de algunos docentes y estudiantes de electrónica.⁴² Finalmente, durante 1965, el proyecto se fue apagando hasta ser definitivamente clausurado. De

³⁸ Exp. 3080/62 de la UNS.

³⁹ Nota de Santos al Rector Aziz Ur Rahman del 25/9/62. Exp. 3080/62 de la UNS.

⁴⁰ Gaceta Universitaria. Órgano de la UNS. Año 1, Nro. 1. 3/1963. Archivo personal de EGC.

⁴¹ Este ingeniero de Buenos Aires había realizado estudios de bioingeniería en EEUU. Luego retornó para finalizar su doctorado. Su dedicación a CEUNS no fue a tiempo completo.

⁴² Entre ellos Lastra, Lorenzo, Moroni, Martínez Santos y Roig. Algunos eran trabajos de Seminarios.

acuerdo con los planes originales la máquina debía entrar en operación en marzo de 1966, pero, salvo los periféricos inaugurados en 1962, no había armadas más que partes sueltas.

Las penurias materiales, que eran generalizadas en las Universidades Nacionales, fueron determinantes de unas demoras de gran magnitud en el plan del proyecto. Así fue como, en un momento clave, se generó un escollo técnico decisivo por la discontinuidad en la fabricación de los transistores que se había decidido utilizar.⁴³ El atraso y la falta de perspectivas pusieron en cuestión el sentido de continuar el esfuerzo. Todas esas circunstancias se sumaron para sellar el fracaso del proyecto.⁴⁴

El abandono de CEUNS fue un golpe importante al despliegue de un ambiente computacional en torno al imaginado Centro de Cálculo en la UNS. También afectó las relaciones entre matemáticos e ingenieros⁴⁵

El ciclo que había comenzado apenas fundada la UNS se estaba cerrando.

4 Discusión y conclusiones.

Uno de los episodios iniciales de la computación en Argentina estuvo situado en la UNS donde se intentó la construcción de una computadora con un objetivo que iba más allá de lo académico. El proyecto estaba inmerso en un período de transición entre el surgimiento y cierta consolidación de la tecnología, momento en el que parecía factible el ingreso de múltiples actores al nuevo campo de la computación, campo al que se visualizaba desde los más variados ámbitos como potencialmente revolucionador del entorno social. Este contexto mundial, sumado al auge del desarrollismo y a la impronta renovadora y “antidependentista” que tenía buena parte del mundo universitario argentino, dieron sustento al entusiasmo visionario de Santos y su grupo, más allá de cierta ingenuidad en el planteo de la transferencia, muy acorde al ideario de la época. Intentaremos explicitar algunos de los factores que condujeron a CEUNS desde su inicio promisorio hasta su fracaso y posterior olvido.

⁴³ “...el diseño electrónico utilizaba un transistor que era el que habían usado en Manchester para ATLAS, un transistor de Philips, y cuando llegó el momento en que teníamos algo de plata para empezar a armar pedazos, encargamos, creo que eran como 1000 de esos transistores, y Philips nos contestó que ese transistor no se fabricaba más, pero que tenían otro que lo reemplazaba. Las especificaciones, eran iguales. Hay que pensar que no había transistores digitales, eran transistores de radios transistorizadas. Y el reemplazo estaba bien como transistor en la radio, pero para la aplicación digital nos lentificaba los circuitos...”. Entrevista al Ing. Santos. 6/ 2009

⁴⁴ “Fue un fracaso, porque un ingeniero es un tipo que comienza a hacer una cosa, la termina, la hace funcionar y comprueba que funciona bien. Y eso no lo hicimos” Entrevista al Ing. Santos. 6/ 2009.

⁴⁵ Entre los matemáticos, a la frustración de CEUNS se sumó la conciencia de que la formación en computación no podía basarse en aprendizajes de lenguajes o técnicas particulares, sino en bases teóricas sólidas. Testimonio de Guy Tassart, visitante de UNS en 1971/72. El curso de Programación, ahora orientado a Fortran, pasó al DE y se produjo una escisión entre formación básica y formación práctica. Actores posteriores, influenciados por un enfoque “práctico”, descreyeron de la existencia de algún interés “real” por la computación en el IM. Comunicaciones de G. Arango y M. Fidel.

4.1 El cambio del contexto político.

Ya Lehman en 1959 [12] se lamentaba de que se estuviese pasando del florecimiento de muchos centros diseñadores y constructores de equipos en la primera década de la computación a la constitución de una industria concentrada, por lo que “*Los grupos pequeños de investigación, cualquiera sea su ubicación, tienen hoy una creciente dificultad para obtener el respaldo*”. En el caso de CEUNS, su justificación residía en la necesidad de evitar la dependencia tecnológica de los grandes centros, una motivación cara al movimiento transformador universitario. Sin embargo, ya a principios de los años sesentas, tanto el impulso renovador en las Universidades como la relativa abundancia de recursos para las actividades científicas y tecnológicas de avanzada comenzaron a decaer. Este proceso fue parte de los límites más generales que encontró en el país el proyecto “desarrollista”.⁴⁶ En marzo de 1962, a consecuencia de un triunfo electoral peronista en la PBA, un golpe de estado derrocó al presidente Frondizi. La intervención federal a la PBA, que incluyó la disolución de las Cámaras, discontinuó el desembolso del subsidio para la construcción de la computadora. Por otra parte la reciente revolución en Cuba llevó a la preponderancia creciente de la doctrina de la “seguridad nacional” y a la visualización del “enemigo interno” en el seno de las Universidades, lo que dificultó la obtención de recursos para las mismas. En la UNS la reacción conservadora interna había forzado la renuncia del Ing. Ortiz, primer rector democrático, promovido por los estudiantes, y el rector electo para el período siguiente no valoraba los desarrollos tecnológicos “antidependentistas”. En definitiva, podemos decir que la trayectoria de CEUNS siguió, en gran medida, la suerte del proyecto modernizador universitario que la había posibilitado. Sin apoyo político interno ni externo, el proyecto quedó aislado, en manos de un grupo reducido y sin un flujo de financiación que le permitiera la consolidación de la necesaria masa crítica de investigadores y la compra de materiales, lo que condujo a unas demoras que lo pusieron fuera de juego a raíz de un desfasaje muy marcado con las tecnologías predominantes a mediados de la década.

4.2 La aceleración del cambio tecnológico

Entre el momento de la concepción de CEUNS y el de su final se había producido una transformación importante en el desarrollo de la computación. En los primeros años el hardware dominaba absolutamente el escenario. No se hablaba de sistemas operativos ni de software ni de un campo profesional diferenciado. Se concebía al diseño, construcción y uso de las computadoras como coto de matemáticos y electrónicos en roles perfectamente diferenciados. En 1959 la presentación de Lehman estaba centrada en la caracterización lógica del hardware y de su

⁴⁶ Las resistencias internas a los cambios académicos y políticos ejercidas por los sectores más conservadores se sumaron a la división del arco de alianzas que había actuado solidariamente en los primeros años. El fracaso de las soluciones “desarrollistas”, simbolizado en el derrocamiento de Frondizi, se conjugó con el surgimiento del modelo expuesto por la Revolución Cubana y condujo a la radicalización de sectores importantes del estudiantado y de la comunidad universitaria en general, que comenzaron a cuestionar al modelo académico construido desde 1956 por su carácter ‘científicista’ Ver [4].

implementación electrónica. Sin embargo tanto el equipo israelí, que llegó finalmente a poner operativa la computadora SABRAC,⁴⁷ como otros participantes de proyectos similares,⁴⁸ tomaron prontamente nota de los límites a la eficiencia del equipo que imponía el hecho de que gran parte del tiempo la unidad de procesamiento estuviera ociosa. A inicios de la década de 1960 estos investigadores discutían sobre las diversas variantes a incorporar en sus diseños para compartir el tiempo de uso del procesador, y surgían programas “supervisores” o “directores” para administrar los recursos.⁴⁹ El software comenzaba a ser un aspecto diferencial en el desarrollo de las computadoras.⁵⁰ Este “cambio de paradigma” no incidió en el trabajo del Laboratorio de Computadoras de la UNS.⁵¹ Si bien con CEUNS lo que se buscaba era una vía de desarrollo de tecnologías no existentes en el país, el desfasaje fue excesivo frente a una aceleración de la evolución técnica que no parecía evidente a fines de la década de 1950.⁵²

4.3 El CEUNS y las “historias oficiales”.

Cuando, finalmente, se crearon en la UNS una carrera y un Departamento de Ciencias de la Computación (DCC), el antecedente de CEUNS fue ignorado.

“El Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad Nacional del Sur es una de las más jóvenes de las unidades académicas de esta casa de altos estudios, Esta trayectoria se origina a comienzos de la década anterior. En el año 1981 nació la idea de crear una carrera de computación que tuviera en cuenta cuáles eran las tendencias tecnológicas en un futuro inmediato. . A tal efecto fue constituida una comisión especial, integrada por profesores de esta universidad y presidida por la doctora Victoria Bajar del Departamento de Computación del Distrito Autónomo tecnológico de México... .”⁵³

De este texto, que aspira a reflejar la historia del DCC, surge que la trayectoria del Departamento se originaría cuando comenzó discutirse la creación de una carrera. Sin

⁴⁷ SABRAC fue diseñada y construida entre 1958 y 1963 por un equipo de tres personas y, en un principio, sin un presupuesto formal propio. El costo final de componentes fue de 25 mil usd. Sin embargo el proyecto tenía aval oficial en el Ministerio de Defensa de un país en estado de guerra latente y la primera operación de SABRAC fue diseñar el sistema de guía óptica de un misil. Con similares condiciones iniciales, el apoyo fue decisivo. Además evolucionó al ritmo de la tecnología. Ver [14] y <http://www-dse.doc.ic.ac.uk/~mml/>.

⁴⁸ Proyecto CIRRUS, diseñada y construida en el Electrical Engineer Dept. University of Adelaide, Australia.. <http://www.acs.org.au/media/docs/mcli/ACSfinal.pdf>

⁴⁹ Por el lado de SABRAC, en [15] Lehman et al. discuten la propuesta de CIRRUS aparecida en el trabajo de Penny (ver [16]). Ambos se publicaron en Comm. ACM. Esta revista llegaba regularmente a la UNS, ya que había sido solicitada por Monteiro para la biblioteca del IM..

⁵⁰ En el momento del fin de CEUNS la SABRAC, ya llevaban casi 2 años operativa y había incorporado en su diseño elementos de multiprogramación.

⁵¹ Todos los testimonios recogidos coinciden en que se discutían ampliamente las cuestiones ligadas a la marcha del proyecto, pero no registran que se siguieran las publicaciones de proyectos similares, pese a que las revistas llegaban a la UNS. Es decir que, a la falta de “masa crítica” hay que sumar un cierto aislamiento de los desarrollos en el exterior.

⁵² Un golpe a los proyectos del tipo comentado fue la PDP-8, lanzada en 1965 a u\$s 20000..

⁵³ Cs.de la Comp. UNS http://cs.uns.edu.ar/home/index.php?option=com_wrapper&Itemid=27

embargo la presencia de Victoria Bájar sólo es explicable por una historia que se remonta casi veinte años atrás. Por su parte, en la página del Departamento de Ingeniería Eléctrica (DIE), donde surgió el primer Seminario y Laboratorio de Computadoras de la UNS, se soslaya este antecedente, que fue clave para su propia constitución como unidad independiente, y se ignora al proyecto tecnológico que por varios años central en su actividad. Como contraste considera a las publicaciones teóricas del mismo grupo como la producción principal de esos años.⁵⁴

4.4 Algunas consideraciones finales

El cambio de las condiciones políticas fue decisivo en el abandono del proyecto y, dadas las posteriores de frustraciones argentinas en este campo, cabe cuestionarse si se trata de sucesivas contingencias o de una condición estructural. La ignorancia o indiferencia por parte de la historia posterior pueden deberse a varios motivos. A una concepción distinta de la computación poco inteligible para las generaciones siguientes. A que no tuvo éxito y a que se haya visualizado como causal de atraso en el “desarrollo real” de la computación en la UNS. Y podría conjeturarse también que la dedicación de esfuerzos importantes dentro de la Universidad a un proyecto de tecnología, “no publicable” en términos académicos pudo complicar su rescate histórico. Es significativo que la historia oficial registre sólo la importante producción académica “clásica” del grupo de Santos en el mismo período.

Como balance podemos señalar: la formación de una tradición en Electrónica en la UNS, que continúa hasta hoy,⁵⁵ la interacción con los matemáticos que dio sustento a una de las vertientes que confluyeron en la constitución de una escuela de docencia e investigación en computación de muy buen nivel en la UNS y los desarrollos pioneros en “software de base” a que dio lugar el proyecto. Finalmente hay que destacar que el modelo de trabajo del grupo de Santos, con un pie en el “mainstream” académico y otro en la producción de tecnología no existente en el país sigue siendo inspirador.

Agradecimientos. Queremos hacer un reconocimiento especial a Jorge Santos, Victoria Bájar y Ernesto García Camarero protagonistas del proyecto que sufrieron nuestros interrogatorios a lo largo de más de un año y a Edgardo Fernández Stacco, discípulo de Monteiro, y nuestro colaborador infatigable en Bahía Blanca. Asimismo deseamos agradecer el compromiso y los aportes realizados por: Guillermo Arango, Héctor Arango, Jorge Ardenghi, Alicia Chacur, Roberto Cignoli, Max Dickman, Manuel Fidel, Rafael Fontao, Eduardo Ortiz, Hugo Scolnik, Guillermo Simari, Guy Tassart, Max Valentiniuzzi y José Eduardo Wesfreid.

Referencias

1. Aguirre, Jorge “Semblanza de Manuel Sadosky” en “Historia de la Informática en América Latina y el Caribe”. Aguirre J. y Carnota R. (comp). Ed. Universidad de Río Cuarto. Río Cuarto. Argentina. 2009.

⁵⁴ Electrónica. UNS. <http://www.uns.edu.ar/departamentos/intro/index.asp?dependen=14>

⁵⁵ La dictadura de 1976/83 provocó un descalabro que sólo se reconstituyó a mediados de la década de 1980.

2. Arango, José María. "La Matemática en el Sur". En "Evolución de las Ciencias en la República Argentina 1923-1972.Tomo I. Matemática.". Dr. Luis Santaló y colaboradores. Sociedad Científica Argentina. Buenos Aires. 1972.
3. Babini, Nicolás "La Informática en Argentina: 1956-1966". Ed. Letra Buena. Buenos Aires. 1991.
4. Buchbinder, Pablo. "Historia de las Universidades Argentinas". Editorial Sudamericana. Buenos Aires. 2005.
5. CEPAL, Informe Económico de América Latina de 1949, CEPAL, 1950.
6. Cernadas de Bulnes M. y colab. "Universidad Nacional del Sur 1956-2006" Edit. UNS. Bahía Blanca. 2006.
7. Ciancaglini Humberto. "La Computadora Electrónica CEFIBA" en "Historia de la Informática en América Latina y el Caribe". Aguirre J. y Carnota R. (comp). Ed. Universidad de Río Cuarto. Río Cuarto. Argentina. 2009.
8. Estébanez, María E. y Prego, Carlos. "Ciencia, Desarrollo y Universidad en la Argentina 1955-1966". IV ESOCITE. Campinas. Octubre 2000.
9. Fernández Stacco E. "Abandono a la contemplación: Apuntes para la historia de la Universidad Nacional del Sur" Ed. Universitaria Rioplatense. Buenos Aires. 2009.
10. Furtado, Celso. Desarrollo y Subdesarrollo, Buenos Aires, EUDEBA. 1964.
11. García Camarero E. Algunos Recuerdos sobre los Orígenes del Cálculo Automático en Argentina. Revista Brasileira de História da Matemática - Vol. 7 no 13 (abril/2007 - setembro/2007) - pág. 109-130.
12. Lehman M. "The specification of a cost limited digital computer". Proceedings of the International Conference of Information Processing. UNESCO. Oldenbourg, Butterworth, Paris, 1960, pp. 365, 374.
13. Lehman M. Eshed, Rayna and Z. Netter. The checking of computer logic by simulation on a computer. The Comp. J., vol. 6, no. 2, July 1963, pp. 154 – 162.
14. Lehman MM, Eshed R and Netter Z. SABRAC, A New Generation Serial Computer, Comp. Sys. Iss. IEEE Trans. on Electr. Comp., vol. 12, no. 5, Dec. 1963, pp. 618 – 628.
15. Lehman MM, Eshed R and Netter Z, "A Time Sharing, Low-Cost Computer, Comm. ACM, vol. 6, no. 8, Aug 1963, pp. 427 – 429
16. Penny, J. P., and Pearcey, T. "Use of multiprogramming in the design of low cost digital computers." Comm. ACM 5, 9, (1962).
17. Prego, C. y Vallejos, O. (Ed.). La construcción de la ciencia académica: actores, instituciones y procesos en la Universidad argentina del siglo XX, Buenos Aires: Biblos. 2010.
18. Santos, Jorge. "Diseño de un divisor digital rápido". Rev. Ciencia y Técnica. Vol 129. Nro. 691. 1960.
19. Santos Jorge y otros. "Desarrollo de una Unidad Aritmética experimental transistorizada". Revista Ciencia y Técnica del Centro de Estudiantes de Ingeniería. Vol.129. Nro.648. Buenos Aires. 1960
20. Santos J. Arango, H. "Un método de síntesis de circuitos combinacionales". Ciencia y Técnica, Revista del Centro Estudiantes Ingeniería vol. 127 Nro. 639 pag. 205 -213. 1959.
21. Santos, Jorge "Diseño Lógico de una Computadora digital de costo limitado". Revista Telegráfica Electrónica. Buenos Aires. Febrero 1961.
22. Santos. J. Arango, H. y Pascual, M. "Lógica y electrónica de las memorias de CEUNS" Revista Telegráfica Electrónica. Septiembre 1963. Págs.. 522-524.
23. Santos, Jorge. "La Ingeniería de Computación en la Universidad Nacional del Sur" Comunicación del Ing. Santos a Nicolás Babini. 2003. Biblioteca de la Sociedad Argentina de Informática e Investigación Operativa (SADIO).