

## JORGE SABATO CREADOR DE LA METALURGIA EN CNEA

o ¿Cómo se hace para crear un laboratorio de excelencia?

Dr. José Rodolfo Galvele

### JOSÉ RODOLFO GALVELE

Doctor en Química (1962), UBA. Ph. D., U. de Cambridge, Inglaterra (1966).

En CNEA, ha sido Jefe de la División Corrosión, Jefe del Depto. Materiales y Gerente de Desarrollo. Ha sido Director del Instituto Sabato en el período (1993-2007) y docente ordinario de grado y postgrado, cargos que desempeña actualmente.

Organizó y coordinó programas interinstitucionales tales como el Programa de Corrosión Marina ECOMAR, el Programa Latino-americano de Lucha contra la Corrosión, el Programa de Degradación de Materiales, OEA-CNEA, etc. Asesoró en comisiones del CONICET, CIC y Fundación Antorchas.

Publicó más de 160 trabajos científicos en revistas de su especialidad y dirigió 22 tesis doctorales. Es autor de 15 monografías, 1 libro y capítulos de libros y enciclopedias.

Además, de ser miembro del comité editor de tres revistas internacionales de su especialidad e Investigador Superior en la Carrera del Investigador Científico y Tecnológico del CONICET, sus valiosas contribuciones científicas lo han hecho merecedor de prestigiosas distinciones entre las cuales destacamos: el premio T.P. Hoar otorgado por el Corrosion Institute de Inglaterra y recibido en 1981 y en 1987, el premio W.R. Whitney otorgado por la National Association of Corrosion Engineers de los Estados Unidos de América, recibido en 1999 así como el premio U.R. Evans, otorgado por el Institute of Corrosion de Inglaterra. En nuestro país ha recibido el Premio P.A. Pistocchi, 1972, de la Sociedad Argentina de Metales, es Académico Titular de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Física y Naturales designado en 2001, ha recibido el Premio Konex de Platino 2003 en el área de la Ingeniería Civil, Mecánica y de Materiales, es Investigador Emérito de la Comisión Nacional de Energía Atómica desde 2006, y la Universidad Nacional de San Martín lo distinguió con su máximo reconocimiento al otorgarle el Doctorado Honoris Causa en 2008. Sus trabajos figuran entre los 100 trabajos más citados en la historia del prestigioso Journal of the Electrochemical Society.

## JORGE SABATO CREADOR DE LA METALURGIA EN CNEA

o ¿Cómo se hace para crear un laboratorio de excelencia?

Dr. José Rodolfo Galvele

INSTITUTO SABATO

UNSAM / CNEA

[www.isabato.edu.ar](http://www.isabato.edu.ar)



Dr. José Rodolfo Galvele

JORGE SABATO CREADOR DE LA METALURGIA EN CNEA



JORGE A. SABATO,  
CREADOR DE LA METALURGIA EN CNEA

o

¿Cómo se hace para crear un laboratorio de excelencia?

Dr. José R. Galvele  
Instituto Sabato  
UNSAM - CNEA

2009

---

Galvele, José R.

Jorge A. Sabato, creador de la metalurgia en CNEA : ¿cómo se hace para crear un laboratorio de excelencia?. - 1a ed. - San Martín:

Inst. de Tecnología Profesor Jorge A. Sábato, 2009.

66 p. ; 26x17 cm.

ISBN 978-987-96501-6-5

1. Sabato, 2. Jorge. Biografía. I. Título

CDD 926

Fecha de catalogación: 02/11/2009

©Galvele, José R.

Diseño de tapa: Candelaria Quesada

Ilustración de tapa: Andrés Cascioli

Armado de interior: Carlos Mazzarella + Patricio Escobar

Hecho el depósito que prevé la Ley 11.723

Impreso en Argentina

## **A MODO DE PRESENTACIÓN**

El nombre de Jorge Alberto Sabato es sinónimo de Metalurgia. El de José Rodolfo Galvele es sinónimo de Corrosión. El primero tuvo, entre otras, la misión de instituir la Metalurgia como actividad académica en la Argentina. El segundo tuvo, entre otras, la misión de hacer el Instituto Sabato que hoy tenemos, Instituto dedicado a la enseñanza de la Ciencia de Materiales y Tecnología.

En este libro, José Galvele nos relata e ilustra la historia de la enseñanza y el desarrollo de la Metalurgia en la Comisión Nacional de Energía Atómica Argentina (CNEA), y su derrame en el país y en Latinoamérica. Lo hace como protagonista de esa historia, enriqueciendo su relato con opiniones, anécdotas y ricas experiencias.

Desde un reconocido lugar, tanto nacional como internacional, ganado como metalurgista dueño de una vasta actividad científica desarrollada en la CNEA, José Galvele dedica sus esfuerzos a darle continuidad a la obra iniciada por el Profesor Sabato en 1954.

Más allá de ser un dedicado formador de recursos humanos altamente especializados, como lo demuestran las 22 tesis doctorales que ha dirigido, y de ser un generador de grupos de investigación firmemente consolidados, José Galvele toma en 1993 su firme compromiso con el Instituto Sabato, que mantiene hasta el presente.

Esta obra es un documento sumamente valioso para estudiantes, docentes, e investigadores de la Ciencia de los Materiales y de la Historia de la Ciencia. Lo es porque da testimonio de nuestros orígenes en el tema y nos muestra que con voluntad, sólidos conocimientos y confianza, podemos continuar en el camino del desarrollo tecnológico trazado por J. A. Sabato.

Es también un trabajo de interés general porque describe la filosofía que Sabato empleó para concretar la creación de un laboratorio de excelencia, filosofía que sigue vigente y constituye un destacado modelo a aplicar.

**Dra. Ana María Monti**  
**Directora – Decana**  
**Instituto Sabato**  
**UNSAM - CNEA**



## UNA VISIÓN SOBRE EL AUTOR...

Conocí al Prof. Galvele cuando cursé con él su módulo Corrosión en el X Curso Panamericano de Metalurgia de 1974. Galvele, como lo hemos llamado siempre la mayoría de los miembros del Laboratorio de Metalurgia, era uno de la “primera época”, uno de “la mafia” que se unió a los “apóstoles”. Este grupo era el que tenía el privilegio de reunirse con Jorge Sabato para decidir las actividades futuras del Departamento de Metalurgia.

De los personajes de aquellos tiempos, era uno de los que tenía más tesis; eran muchos los que querían ser sus discípulos, su trayectoria como investigador ya le daba un prestigio que resultó insoslayable.

Sus opiniones, que siempre tuvieron mucho peso y su reputación, lo llevaron a ser funcionario responsable del Departamento Materiales y de la Gerencia Desarrollo.

Cada tanto se comentaban recordadas anécdotas de algunas discusiones en reuniones técnicas, lo que mostraban su carácter decidido para defender sus ideas.

Supimos también que Galvele intervino con sus influencias para que un discípulo suyo pudiera conseguir un lugar de trabajo en el exterior y permanecer allí, ya que en aquel momento era peligroso para él volver a la Argentina.

Después de varios años, me tocó trabajar al lado de Galvele cuando fue nombrado como el primer Director del Instituto de Tecnología, hoy Instituto Sabato, desempeñándome como Secretario Académico del mismo.

Allí comencé a tratar con más frecuencia a ese hombre que verdaderamente dedicó su vida a la Investigación Científica en nuestro Laboratorio de CNEA y empecé a darme cuenta de cómo se esmeraba con sus alumnos y cómo contribuía también desde la Universidad, la UNSAM, a encarar con mucho interés y respeto la gestión académica.

En realidad, en los frecuentes encuentros para tomar un café después del almuerzo, los que muchas veces compartíamos con otros amigos, alguna vez en compañía del también profesor nuestro, el Ing Luis de Vedia, me regocijé pensando en el lujo que tenían nuestros alumnos del Sabato con ellos dictando las clases, ellos que en aquellas charlas se contaban la novedad que habían encontrado luego de sus búsquedas para presentar en sus clases, y sobre las cuales discutían y se interconsultaban cada uno desde su especialidad. Eran inestimables conversaciones memorables. Como lo menciona habitualmente una colega nuestra: (por las teorías que le pertenecen) “...del autor al alumno...” sin intermediarios. Me consta de la preocupación permanente de Galvele por dar a sus alumnos información muy actualizada en sus temas de enseñanza y su obstinada preocupación por ser el mejor profesor que podía brindarse a sus alumnos, ¡eso es excelencia!

Luis Quesada

INSTITUTO SABATO

UNSAM / CNEA

[www.isabato.edu.ar](http://www.isabato.edu.ar)

## INTRODUCCIÓN

Hablar del Profesor Jorge Alberto Sabato no es una tarea fácil, debido a la gran variedad de campos que abarcó con habilidad y eficiencia. Por esto me voy a limitar al tema que mejor conozco, y al que pude dedicarme gracias a Sabato: la Metalurgia.

La primera vez que oí hablar de Sabato y de su gente fue en 1959, mientras cursaba el último año de la Licenciatura en Química, en el viejo edificio de la Facultad de Ciencias Exactas, de la Universidad de Buenos Aires, en Perú 222.

En un seminario sobre investigación científica, en el aula magna de dicha Facultad, escuché esta frase que me sorprendió y me llenó de curiosidad:

**“... y no como esos locos de CNEA que quieren hacer Metalurgia al mejor nivel mundial ...”**

La frase fue dicha por un docente cuyo nombre no recuerdo, pero que formaba parte de la mesa redonda sobre investigación científica.

Al poco tiempo uno de nuestros profesores de Fisicoquímica, el Dr. Heberto Puente, reunió a unos diez alumnos, y nos invitó a visitar las instalaciones de la Comisión Nacional de Energía Atómica, en Avda. del Libertador 8250. La invitación la hacía Puente por indicación de Sabato. El laboratorio de Sabato acababa de recibir un importante apoyo económico del CONICET, que le permitía, entre otras cosas, tomar becarios para sus grupos de trabajo.

Después de visitar los laboratorios de CNEA, en la Sede Central, nos llevaron a la oficina de Sabato, Figura 1, quien nos dio uno de sus famosos y muy convincentes discursos. No por nada sus discípulos más cercanos lo conocían, en secreto, como “el mudo”. El mensaje de Sabato era que termináramos de estudiar y que nos pusiéramos a trabajar lo antes posible en temas que le interesaban al país. Según Sabato la CNEA nos ofrecía una oportunidad para hacerlo en Metalurgia.

Recuerdo que levanté la mano y le dije: “yo me anoto”. Así fue como, luego de rendir mi último examen de la Licenciatura en Química, el 8 de marzo de 1960 comencé a trabajar con Jorge Mazza, en el Laboratorio de Metalurgia de Sabato, en CNEA. El tema que debía estudiar era corrosión de aluminio en agua a alta temperatura. Recuerdo que de ese mismo grupo de estudiantes ingresaron Betty Walsoe, Sara Volman y un par de compañeros más.

Así es como tuve la gran fortuna de poder participar de esa extraordinaria empresa que había iniciado Sabato en CNEA.



**INSTITUTO SABATO**

UNSAM / CNEA

[www.isabato.edu.ar](http://www.isabato.edu.ar)



Figura 1.- Sabato tal como lo conocimos en 1960.

## Capítulo 1

### ¿POR QUÉ METALURGIA EN CNEA?

Cuando oímos hablar de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), la relacionamos con temas netamente físicos, eventualmente hasta temas bélicos, entonces ¿por qué metalurgia?

Concluida la segunda guerra mundial, el uso con fines pacíficos de la energía nuclear planteó problemas nuevos cuya resolución era urgente, si se quería aplicar en un tiempo razonable la tecnología nuclear. Había muy poca información sobre los metales y compuestos con los que se tenía que trabajar: uranio, óxido de uranio, berilio, circonio, plutonio, etc. Sus propiedades eran poco conocidas y en algunos casos sorprendentes. Quizás el caso extremo lo presente el plutonio (1.2) que con poco cambio de temperatura muestra seis diferentes estructuras cristalinas, y una alarmante inestabilidad estructural. Con esto último queremos decir que una pieza sólida del metal, con solo calentarla un poco, al enfriarse sufre tales cambios de volumen que puede comenzar a fracturarse, y quedar transformada en una pila de polvo metálico. Las piezas de uranio metálico, por otra parte, se deforman notablemente cuando son expuestas a cambios importantes de temperatura. Una varilla de uranio metálico que fuese calentada y enfriada un cierto número de veces, puede alargarse hasta diez veces, o más, respecto a su longitud original. Por otra parte el circonio, al igual que el uranio, pueden absorber hidrógeno y volverse frágiles. Además la producción de energía nuclear va acompañada por emisión de radiación que produce daños en los materiales, fenómeno cuyas consecuencias hasta ese momento se desconocían. Debido a problemas de este tipo, las Comisiones de Energía Atómica se vieron obligadas a crear departamentos de metalurgia que estudiaran estos problemas. Estos departamentos tuvieron un muy rápido crecimiento, porque a medida que se desarrollaba la tecnología nuclear aparecían nuevos problemas.

En los países del primer mundo, estos nuevos departamentos de metalurgia se dedicaban exclusivamente al estudio de los nuevos problemas nucleares, ya que se contaba en dichos países con laboratorios de investigación y desarrollo que cubrían los problemas de los metales convencionales (aluminio, acero, bronce, soldadura de metales, etc.). Si la Comisión Nacional de Energía Atómica, en la Argentina, planeaba hacer algún desarrollo en tecnología nuclear, debía cubrir la metalurgia nuclear, pero también la metalurgia convencional. En 1950 el país no tenía centros de investigación y desarrollo que se ocuparan de estudiar el aluminio, el acero, las aleaciones de cobre, las técnicas de soldadura, etc. La metalurgia no había alcanzado nivel académico, y no se estudiaba en ninguna carrera universitaria del país. Había algunas empresas que se ocupaban de tareas metalúrgicas, pero se basaban exclusivamente en tecnologías desarrolladas en el exterior.

## Capítulo 2

### J. A. SABATO, "el man"

Antes de hablar sobre los trabajos que hizo Sabato en CNEA, es conveniente que sepamos algo sobre él. Jorge Alberto Sabato nació en Rojas, Provincia de Buenos Aires, el 4 de junio de 1924, segundo hijo de don Vicente Sabato, que era descendiente de calabreses y también era famoso en su familia por la variedad de negocios que emprendía (3), y de doña Brígida Condrón, descripta por la historiadora Hilda Sabato como una mujer muy adelantada para su época, maestra rural, irlandesa, cuya familia también había emigrado a la Argentina, afincándose en Rojas. Jorge Alberto era conocido en su familia como "el man" (3,4), apócope que el tiempo fue dando al primer sobrenombre "el alemán" por el tinte rubio que su mitad irlandesa le diera a su cabello. Debido a la prematura muerte de Brígida Condrón, en 1926, Jorge Sabato pasó su infancia en Rojas, al cuidado de su abuela irlandesa y sus tías. La adolescencia, en cambio, la pasó con su padre en Buenos Aires (4).

Sabato se graduó de profesor de Física en el Instituto Nacional del Profesorado de Buenos Aires, en 1947, donde conoció a su esposa Lydia Añez. Ejerció la docencia en diversos colegios secundarios y fundó el Instituto Privado Gauss, de enseñanza superior, junto con Jorge Bosch y Gregorio Klimosky, y del que fueron profesores Roque Carranza y Mario Bunge, entre otros. La idea de este instituto era la de preparar alumnos para el ingreso a la Facultad de Ciencias Exactas o a Ingeniería. Sabato también publicó, en colaboración con el Profesor Alberto P. Maiztegui el libro "Introducción a la Física, Tomos I y II" (Editorial Kapelusz, 1951, 1955). Del mismo dice Ciapuscio: (5) "El espléndido texto de Física que hizo con Maiztegui le llegó a dar, gracias a su difusión en toda Sudamérica, rentas que cubrían las tres cuartas partes de su vida frugal." De Maiztegui recibimos el siguiente comentario: "... En el primer año se vendieron unos 1.500 ejemplares según nos informó Jorge Kapelusz, todo compungido por venta tan pequeña. En contraste con esta desilusión recuerdo su rostro con una sonrisa resplandeciente cuando alrededor de 1970 nos dijo que el libro era un best seller; su uso se había difundido a toda América Latina incluyendo Brasil donde se publicó una traducción al portugués, y también en España. ..."

En 1950 encontramos a Jorge Sabato en la firma GUILLERMO DECKER S.A., importante productora de metales y aleaciones no ferrosas.(6) ¿Cómo se contactó Sabato con Guillermo Decker? Según cuenta Destailats,(7) quien en 1952 entró a trabajar en Decker S.A. bajo la dirección de Sabato, todo se debió a una gran casualidad. El primogénito de Don Guillermo, Raúl Decker, se presentó en el Instituto Gauss pidiendo apoyo para preparar Análisis Matemático. La empresa Guillermo Decker S.A. ya era una firma importante. Pero en esa época, contrariamente a lo que es común en la actualidad, las empresas de esa magnitud

carecían de laboratorios adecuados para el control y desarrollo de sus productos. Sabato le hizo notar a Guillermo Decker, el dueño de la Empresa, esta falencia. Guillermo Decker aceptó el planteo de Sabato, y le encomendó la organización del Laboratorio de Investigación y Desarrollo, para trabajar en cobre, latón, zinc, etc. Sabato dirigió durante tres años y medio dicho laboratorio, que llegó a tener más de una docena de profesionales. La mayor parte de los profesionales contratados por Sabato eran químicos, siendo el primero en ingresar el Dr. Luis A. Boschi, quien sería un estrecho colaborador suyo en los años siguientes. Para poder ingresar al Laboratorio, Sabato exigía a los postulantes un buen conocimiento de inglés técnico.(7) Mediante seminarios internos, hizo que este personal, en tanto resolvía los problemas urgentes de la Empresa, se instruyera en los últimos avances de la metalurgia, para poder luego aplicarlos a la Empresa. Entre los papeles que descartó Sabato, al irse de CNEA, pudimos encontrar una publicación que es de la época de Decker S.A.(8) La misma contiene una extensa conferencia sobre la teoría y recientes avances del degasado de metales fundidos. El degasado del cobre fundido es un tema crítico para una empresa como Decker S.A., y la publicación contiene una gran cantidad de notas y comentarios manuscritos de Sabato, que indican que fue estudiada con mucho cuidado, Figura 2. Esto nos muestra que Sabato alimentaba a la Empresa con la más reciente información tecnológica disponible en ese momento. Es así que introduce en Decker S.A.(6) el pulido electrolítico de probetas para observación al microscopio, labor original en América Latina; y tiempo después incursiona en la polarografía, usando por primera vez en el país el polarógrafo como rutina industrial. Siendo director del laboratorio de Decker S.A. realizó dos viajes de estudio por diferentes países de Europa, los que le permitieron obtener información útil para la Empresa. Luego del fallecimiento de Guillermo Decker, Sabato abandona Decker S.A., y en 1954 crea, con Boschi, un laboratorio privado, IMET, Investigaciones Metalúrgicas, que es dirigido por Sabato. Esta tarea la continuó hasta su ingreso a CNEA, donde lo hizo como asesor y representante de IMET.

Respecto a la personalidad de Jorge Sabato, su tío Ernesto recuerda lo siguiente (4): “Además de su extraordinario talento científico, el Man era un gran lector, un verdadero humanista, que disimulaba con un lenguaje callejero que le gustaba propinar a los pedantes. Era un transgresor, un tipo provocativo, pero no por agresivo, sino de su puro sentido negro del humor. De ahí su eterna campera, que usaba para todo, ... Por supuesto, despertaba el escándalo, cosa que lo divertía enormemente.” Respecto al uso de la campera, que menciona Ernesto Sábato, en la actualidad decir que es provocativo puede parecer exagerado. Pero debe tenerse presente que Jorge Sabato la comenzó a usar en una época en la que hasta los dirigentes sindicales iban de saco y corbata.

Volviendo a los temas netamente técnicos, una pregunta lógica que nos podemos hacer es ¿cuál era el nivel de conocimiento que tenía Sabato sobre metalurgia antes de ingresar a CNEA? Esto es particularmente relevante si se tiene en cuenta que no había un entrenamiento formal en el tema en el país. Para formarnos una idea de sus conocimientos nos sirve de particular ayuda un trabajo que publicó Sabato en la revista argentina Ciencia e Investigación en 1954, y que reproducimos a continuación (9). (El título del trabajo que usa en la versión original, Metalología, que en la actualidad nos suena extraño, proviene de una propuesta del investigador español Emilio Jimeno Díaz, pues no había acuerdo en ese entonces, en la literatura en español, si limitar el nombre de Metalurgia a la metalurgia extractiva. Finalmente la Real Academia Española acepta el uso del nombre Metalurgia para ambas acepciones, tanto para la extractiva como para la de transformación de metales. Para facilitar la comprensión del texto, en la versión que presentamos se ha reemplazado metalología por metalurgia.). En ese trabajo, que es un panorama de lo ocurrido en metalurgia en la década 1944-1954, Sabato escribe (9):

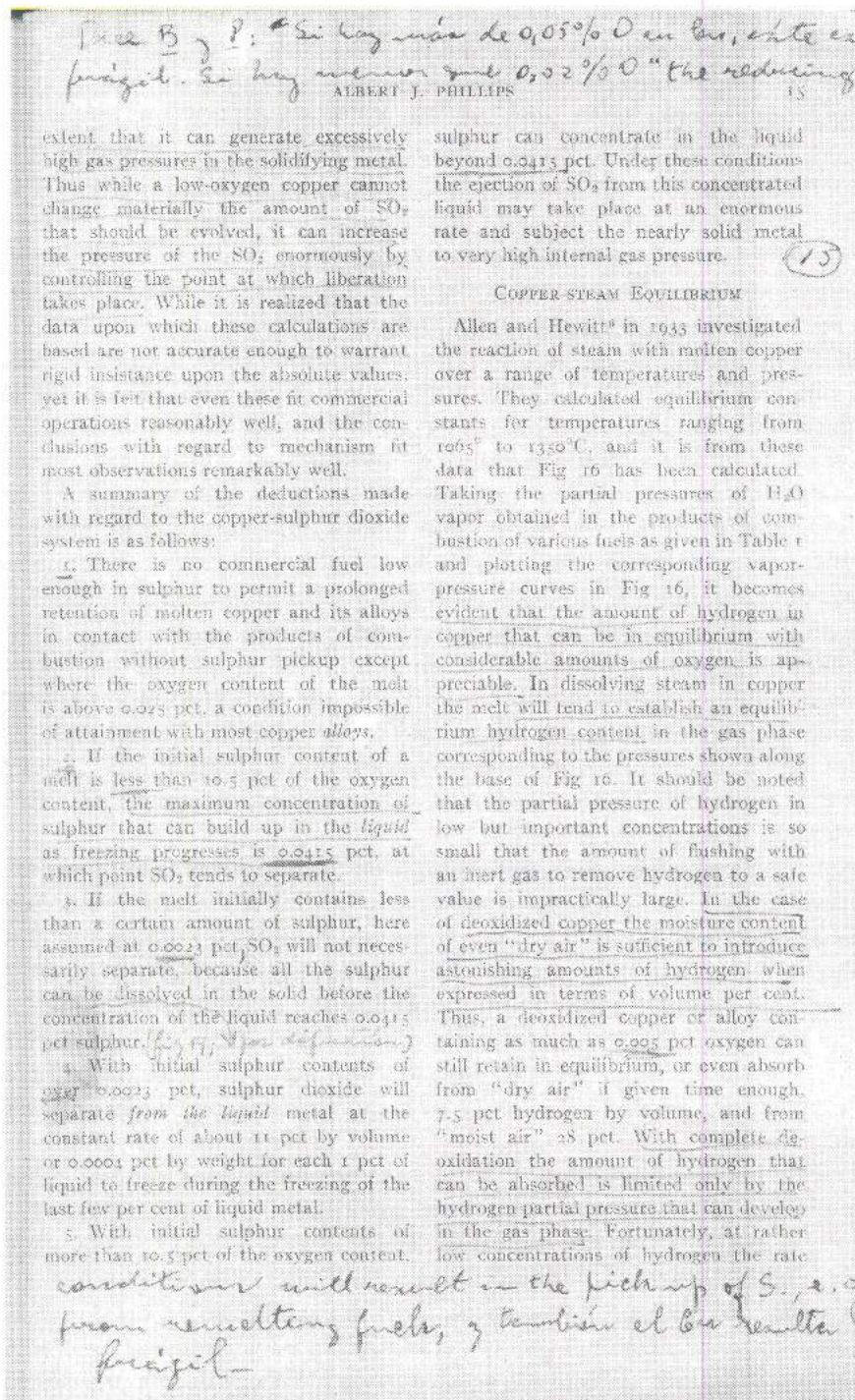


Figura 2.- Notas de Sabato en Decker S.A.

"Sin prisa, pero sin pausa". Así como lo quería Goethe, ha sido el avance de las investigaciones metalúrgicas entre 1944 y 1954. Un avance tremendo, sí, tanto en cantidad como en calidad, pero sin ninguno de esos descubrimientos sensacionales que conmueven hasta sus cimientos el edificio de una ciencia y producen de golpe un gran salto hacia adelante. Los la-

boratorios de investigaciones han crecido considerablemente en número, instalaciones, presupuesto y cantidad de investigadores empleados, en forma tal que se ha podido lanzar una gran masa de nuevos datos, de esos datos que esta ciencia necesita imperiosamente para que puedan construirse los edificios teóricos que todos ambicionamos. Así es que suman millares los trabajos publicados sobre corrosión, difusión, fatiga, mecanismos de precipitación y solubilización, tensiones internas, creep, recristalización, nucleación, etc. Si debiéramos sintetizar el trabajo del decenio en un solo párrafo, diríamos: *ha habido una más grande aplicación del saber científico general, que ha producido un perfeccionamiento de las técnicas de investigación empleadas, con el resultado concreto de una ampliación extraordinaria del conocimiento empírico.*

“La reseña de algunos, muy pocos, de los hechos más salientes ocurridos en el decenio permitirán formarse una imagen de la naturaleza de los trabajos realizados:

“1) *Pulido electrolítico.* – Aunque pertenece cronológicamente al decenio anterior, para este delicado método de preparación de probetas para observación metalográfica debido al metalógrafo francés P. Jacquet, 1944–1954 ha sido un verdadero “decenio dorado”. La gran cantidad de trabajos realizados por investigadores de todo el mundo no sólo ha extendido el método a numerosos metales y aleaciones, sino que ha permitido un retorno de la microscopía óptica, a la que muchos habían considerado como definitivamente superada por la difracción de rayos X y la microscopía electrónica.

“2) *Metalografía.* – El empleo de la luz polarizada, el microscopio de contraste de fase y el empleo de platinas especiales para la observación de las transformaciones metálicas en caliente, han sido los principales colaboradores del pulido electrolítico en el retorno triunfal de la microscopía óptica.

“3) *Metales atómicos.* – La liberación y aprovechamiento de la energía atómica abrió horizontes insospechados a los metalurgistas. Piénsese que se ha dicho que el 70 % de los problemas de construcción y empleo de un reactor atómico son metalúrgicos para apreciar rápidamente el nuevo campo que se ha presentado a los investigadores, y que va desde el estudio del comportamiento de metales ante la irradiación neutrónica, hasta el conocimiento de los mecanismos de deformación que hacen posible la tecnología de metales como el uranio, el circonio, el berilio, etc., prácticamente desconocidos hace un decenio.

“4) *Metales y aviación.* – Las poderosas turbinas de los aviones a reacción han impulsado enérgicamente la investigación metalúrgica que ha debido profundizar en el conocimiento de las propiedades y comportamiento de aleaciones de metales ya conocidos, pero ahora sometidos a regímenes de trabajo de una severidad que nadie habría imaginado hace 10 años, así como en el de los recién llegados, el titanio y el circonio.

“5) *Difracción de neutrones.* – Las investigaciones atómicas permitieron disponer de fuentes de neutrones con las que pudo desarrollarse considerablemente esta técnica de investigación. Si bien para muchos problemas se presenta como complementaria de la difracción electrónica, en casos especiales ha demostrado ser prácticamente insustituible.

“6) *Espectrógrafos de lectura directa.* – El desarrollo de espectrógrafos de lectura directa –capaces de dosificar hasta 16 elementos diferentes en 1 minuto– ha dotado a la metalurgia de un auxiliar muy valioso, sobre todo teniendo en cuenta el número cada vez mayor de investigaciones sobre metales de pureza muy elevada (99,999 %).

“7) *Isótopos radiactivos.* – Si bien su aplicación a las investigaciones metalúrgicas es relativamente reciente, los resultados obtenidos hacen pensar que se constituirán en una de las armas más poderosas, pues gracias a ellos se podrá hacer algo que hasta ahora no ha sido posible: observar el movimiento de los átomos dentro de la red cristalina.

“8) *Topología.* – C. Smith, del Institute of Metals de Chicago, ha publicado algunos tra-

bajos en los que se atacan los problemas de forma y relación mutua de cristales metálicos con ayuda de la topología, tomada ésta en su sentido clásico de “análisis situs”. Ellos resultan singularmente valiosos porque irrumpen audazmente en un territorio muy poco frecuentado por los metalurgistas.

“9) *Mecanismos de deformación*. – El conocimiento de la deformación plástica —cuyo estudio constituye una de las razones de ser de la metalurgia— ha progresado sensiblemente, particularmente en lo que se refiere a la cantidad de datos experimentales obtenidos y al mejoramiento de las técnicas utilizadas; la teoría de las dislocaciones, de Taylor, Orowan y Polanyi se ha afirmado considerablemente, pero quedan aún dudas serias por dilucidar.

“10) *Acta Metallurgica*. – Ha sido un verdadero acontecimiento en el campo de la Metalurgia la edición de esta revista, cuyo primer número se publicó en enero de 1953, editada por el esfuerzo conjunto de todas las sociedades metalúrgicas más importantes (con la excepción lamentable de las de Rusia), y dedicada exclusivamente a los problemas fundamentales de la metalurgia.

“Es éste un somero y muy rápido balance de la febril actividad desplegada en este fructífero decenio. Frente a él no es muy agradable decir que lo realizado en nuestro país puede resumirse mucho más somera y rápidamente aún; basta una sola palabra: *nada*. En tantos años (la dimensión moderna de tiempo obliga a decir que 10 años es un período muy largo) no se ha publicado un solo trabajo original de metalurgia ni efectuado una sola reunión científica para la discusión de sus problemas. De los libros editados, sólo dos —debidos a Sturla y Castellanos, y S. Delpech, respectivamente— merecen que se los mencione. También en esta ciencia el país sufrió las consecuencias de la invasión de una verdadera nube de pseudosabios y pseudotécnicos extranjeros, cuya irresponsabilidad y deshonestidad frustraron algunos intentos serios de realizar investigaciones técnico-científicas. Ha habido un solo hecho auspicioso, debido exclusivamente al esfuerzo privado: la instalación del primer laboratorio privado exclusivamente destinado a investigaciones metalúrgicas, liberado de toda función de control y rutina, con personal *full-time* y con la misma independencia de la industria a la cual sirve, que la que tienen célebres laboratorios industriales como los de General Electric, Bell, Imperial Chemical Industries, etc.

“Pero si hacia 1944 era medianamente aceptable decir que nuestra somnolencia científica en este terreno se debía al escaso desarrollo de la industria metalúrgica, hoy esa disculpa carece totalmente de sentido, por cuanto es esa misma industria, enérgica y agresiva, en veloz desarrollo, la que exige salir del letargo. Deben, pues, volcarse todos los esfuerzos para crear las condiciones que hagan posible la realización de las investigaciones metalúrgicas. Razones de espacio me impiden extenderme en la consideración de este tema tan apasionante, pero no quiero terminar sin apuntar dos observaciones fundamentales:

“a) La industria misma debe ser la que cree sus institutos de investigación, sobre las líneas comunes a los grandes institutos que existen en otras partes del mundo. Para su financiación quizá la solución más adecuada sea tomar como modelo el British Non Ferrous Metal Research Association o el Centre Technique de la Fonderie: ambos pertenecen a toda la industria en común y realizan investigación cooperativa de sus problemas comunes.

“b) Para la creación de estos institutos no olvidar que el orden de importancia de los elementos en juego son: primero, los hombres que van a trabajar en ellos; segundo, el instrumental y tercero, último, el edificio. No caigamos una vez más en el funesto error de construir un lujoso y muy caro edificio para mostrar en fotografías y olvidarnos de que la ciencia avanza por el esfuerzo y la inteligencia de los investigadores que en ella trabajan. Y démosle a éstos la *libertad y respeto* que se merecen, liberándolos de la burocracia y protegiéndolos de la dañina acción de los obsecuentes y advenedizos.”

Cuando Sabato habla de la invasión de una verdadera nube de pseudosabios y pseudotécnicos extranjeros, nos hace pensar en Richter y la isla Huemul. Destailats (7) también men-

ciona otro ejemplo que tocó a Sabato de cerca. En cierta oportunidad Guillermo Decker les había llevado al Laboratorio a un tal Herr Profesor Bohner, un alemán que se presentaba como gran especialista en metalurgia, y Don Guillermo quería que les diera un curso al personal del Laboratorio que dirigía Sabato. Tan pronto como inició el curso, los miembros del Laboratorio descubrieron que lo que hacía el alemán era leer una traducción alemana del libro de Murphy: "Non Ferrous Foundry", un clásico que los miembros del Laboratorio ya habían estudiado en detalle. Ante bromas sutiles, y no tan sutiles, de los alumnos del curso, el alemán optó por irse.(7) Pero el fenómeno de pseudocientíficos era bastante general. Recuerdo que finalizada la segunda guerra mundial era frecuente oír a nuestros mayores hacer comentarios jocosos sobre ciertos inmigrantes europeos que se autotitulaban Ingenieros. La evidente falta de formación técnica llevó a que en un programa cómico se acuñara el nombre de la especialidad de estos pseudotécnicos. Se los conocía como "Ingenieros Desarmistas".

Volviendo a la publicación de Jorge Sabato, (9) es evidente que, en forma autodidacta, Sabato había alcanzado un muy buen nivel de conocimiento en metalurgia. Pero si nos cabe alguna duda, nos resulta muy útil la carta de un prestigioso metalurgista inglés, Robert Cahn, en la que cuenta cómo llegó a conocer a Sabato. Cahn (10) nos dice lo siguiente:

"En 1954 pasé un año sabático en la Johns Hopkins University, en Baltimore, USA. Allí escribí el primero de mis principales trabajos de revisión (era sobre cristales maclados). Mientras lo preparaba, quise hacer una pequeña prueba experimental, y para la misma necesitaba asesoramiento sobre el pulido electrolítico de zinc metálico. Le escribí a un francés (Pierre Jacquet) que era el especialista más conocido en esa técnica de pulido. Jacquet me respondió que no tenía idea de cómo hacer el pulido del zinc, pero me agregaba que acababa de conocer a un metalurgista argentino que trabajaba en Buenos Aires ... , y que sabía como hacer el pulido. Entonces le escribí a ese argentino, Jorge Sabato, a Buenos Aires. Dado que no sabía si él entendía inglés, le escribí en español. A vuelta de correo recibí una carta que constaba de dos partes. Una larga corrigiendo mis errores de español, y una más breve explicando como pulir el zinc. ¡Ese fue mi primer contacto con Sabato!... El año siguiente, de vuelta en Birmingham, ... recibí una invitación en nombre de Sabato para ir a Buenos Aires a dictar un curso de metalurgia moderna ... así comenzó una estrecha amistad, que duró hasta su deceso en 1983 ... "

### Capítulo 3

## METALURGIA EN CNEA - ETAPA INICIAL

Sabato ingresa en CNEA el 15 de diciembre de 1954, según consta en la resolución firmada por el entonces Presidente de CNEA, Capitán de Navío Pedro Iraolagoitia, Figura 3. El Dr. Fidel Alsina, ex director de CNEA, fue quien lo presentó en la Comisión. En la ficha de ingreso de Sabato, Alsina figura como referencia. Según Jorge Coll (11), Alsina lo conocía a Sabato de la Universidad de La Plata. Tal como se lee en la resolución, el nombramiento es "a prueba" y por el término de seis meses. Resoluciones posteriores extendieron la duración del nombramiento, y Sabato terminó siendo personal permanente de CNEA.

Según nos contó años después Sabato, los objetivos que había planteado Iraolagoitia eran:

1.-) Hacer en el país los elementos combustibles para un reactor experimental.

2.-) Instituir la Metalurgia como disciplina académica en la Argentina.

Cuando uno analiza lo realizado por Sabato en esos primeros años, es impresionante ver la actividad que desplegó, y los logros que obtuvo.

Hace algunos años encontramos el cuaderno donde Sabato registró las actividades del



primer grupo de profesionales que ingresó a trabajar con él. En la primer parte del mismo se reconoce la letra de Sabato. Luego el cuaderno, que cubre los años 1955 y 1956, es continuado por alguno de los colaboradores de Sabato, bajo su supervisión.

En la primer página se encuentra, manuscrita por Sabato, la lista de los alumnos de este primer curso, que se dicta en 1955. Lo componen:

*Presidencia de la Nación*  
*Comisión Nacional de la Energía Atómica*

RESOLUCION No 194

Buenos Aires, diciembre 15 de 1954.-



Atento a las necesidades del servicio,  
EL SECRETARIO GENERAL DE LA  
COMISION NACIONAL DE LA ENERGIA ATOMICA  
Y DIRECTOR NACIONAL DE LA ENERGIA ATOMICA

RESUELVE:

- 1º.- Nómbrase en esta Institución al señor JORGE A. SABATO, como Asesor Personal y Representante de I.M.E.T. (Investigaciones Metalúrgicas), en carácter de "a prueba" por el término de 6 (seis) meses a partir de la fecha.
- 2º.- Comuníquese y archívese en la Dirección de Personal, Seguridad y Servicios Generales (División Personal).-



*IRAOLA GOITIA*  
PEDRO E. IRAOLA GOITIA  
CAPITAN DE NAVIO  
SECRETARIO GENERAL DE LA C.N.E.A.  
DIRECCION NACIONAL DE LA C.N.E.A.

Figura 3.- Resolución de Iraolagoitia designando "a prueba" a Sabato en CNEA.

1. Cesar M. Libanati
2. Juan C. Di Primio
3. Leticia H. de Destailats
4. Nelly Haidée Ambrosis
5. Carlos Kalik
6. Jorge A. Mazza
7. Jorge A. Coll
8. Ignacio Silbert
9. Merlo Flores
10. Jorge Kittl
11. Rogelio Eduardo Machado

No figuran en la lista Heraldo Biloni, Carlos Martínez Vidal, Antonio Carrea ni Arnoldo Leyt, que ya eran miembros del grupo de Sabato. Biloni estaba dedicado a la Metalografía, Martínez Vidal a los problemas generales del grupo (ya se perfilaba “el ministro”, como se lo conocería en años siguientes), y Carrea estaba a punto de viajar al exterior. La Figura 4 nos muestra algunos de los alumnos.



Figura 4.- Algunos de los primeros alumnos de Sabato. De izquierda a derecha, Carrea, Biloni, Coll, Mazza, Sra. de Leyt y Leyt.

En el cuaderno, luego del listado de alumnos sigue un Diario, que también escribe Sabato, Figura 5. Leemos para el día 20 de Junio: “Se presentan Libanati, Di Primio, Ambrosis, Destailats y Kalik. Los demás no, porque no habían hablado aún con De Ugarriga (debido sucesos 16 de Junio). Se propone una nueva reunión para el 22 de junio.”

Para los lectores más jóvenes debemos recordarles que el 16 de junio de 1955 se produce el bombardeo de la Plaza de Mayo.

El cuaderno sigue: Junio 22: “Se efectúa reunión no asistiendo Merlo Flores, Della Sala y Kittl. Debido a razones de trabajo de la mayoría de los integrantes del curso se decide comenzar el 1º de Julio a las 9 hs. Recién para esa fecha estarán libres los alumnos que en el momento trabajan y que ya presentaron sus renunciaciones. Se ha encargado a los alumnos la visita a diversas bibliotecas para hacer un inventario de revistas y libros de metalurgia, tarea muy importante para poder superar nuestro actual déficit bibliotecario.”

El primer grupo que entra a trabajar con Sabato está compuesto por Ingenieros Químicos, Ingenieros Civiles, un Ingeniero Aeronáutico y Licenciados en Química. Pese a tener orígenes muy variados, todos estos primeros alumnos tenían algo en común, su total ignorancia en metalurgia. Ninguna de las carreras universitarias incluía la metalurgia como disciplina de estudio.

En 1955 el único físico era Sabato, ya que la metalurgia no era un tema atractivo para los físicos. Esto cambia un par de años después, cuando ingresan numerosos físicos al Departamento de Metalurgia.

El curso comienza, según lo planeado, el 1° de julio, la primera clase la dicta el Dr. Puente. El tema es: Primero y Segundo Principio. La asistencia es completa, y se comenzaron a repartir temas de trabajo.

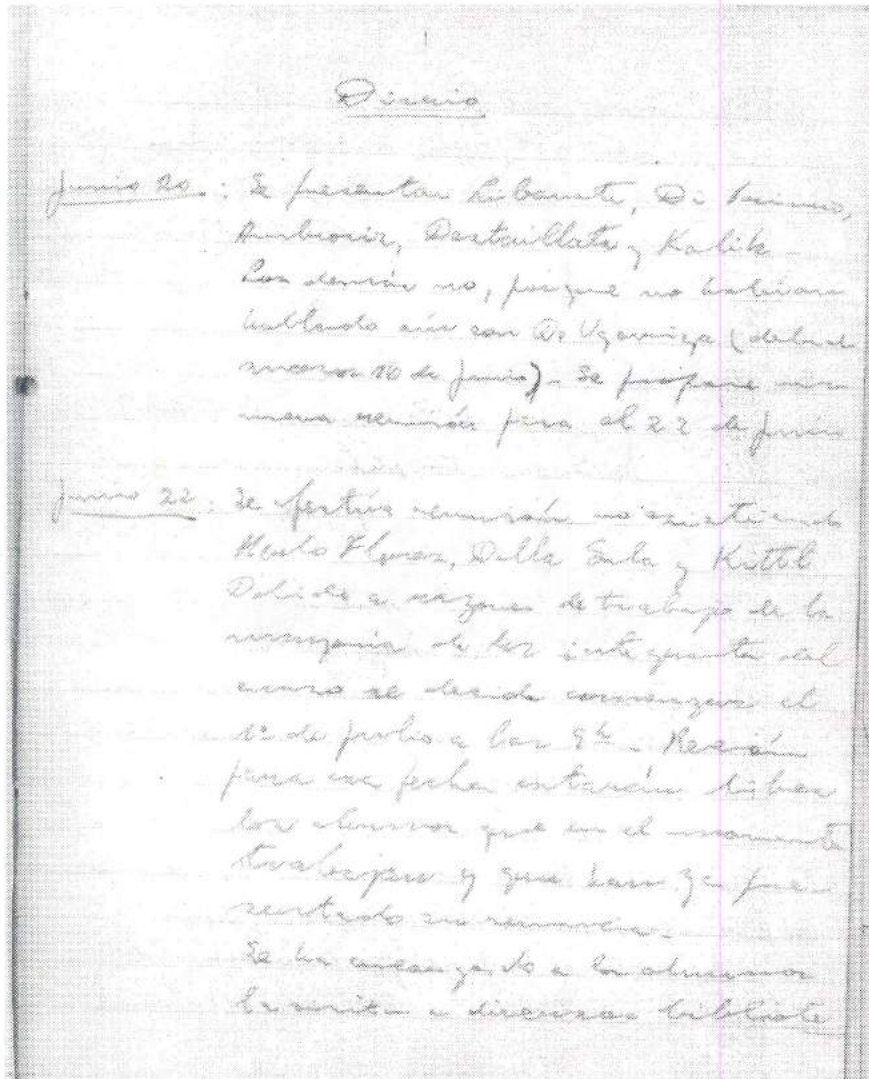


Figura 5.- Hoja del cuaderno usado por Sabato para registrar el primer curso de Metalurgia en 1955.

Se dictan clases de Cristalografía, Termodinámica y Matemáticas a cargo de conocidos profesores argentinos. Sabato contribuye también, dictando una Introducción a la Metalurgia. Para el dictado de Metalurgia, para este primer curso, Sabato recurre a la colaboración de metalurgistas internacionalmente conocidos, con quienes había tenido contactos previos. Para el curso que inicia en 1955, los especialistas a los que recurre son el Dr. Robert W. Cahn de la Universidad de Birmingham, Inglaterra, el Dr. Paul Lacombe de la Ecole des Mines de París, Francia y el Dr. Erich Gebhardt, del Max Planck Institute de Stuttgart, Alemania.

El Miércoles 3 de Agosto el Profesor Cahn dicta su primera clase: Revisión histórica de la metalurgia. Cahn fue conocido por sus contribuciones a la metalurgia física, en particular al estudio de procesos de recristalización, propiedades de dislocaciones, cristalografía del uranio, etc.

Aquí es interesante destacar una anécdota, que los que llegamos más tarde al Departamento de Metalurgia conocíamos, pero sólo en forma parcial. La información con que contamos actualmente permite una visión más clara de los hechos.

En el cuaderno se lee: Viernes 12 de Agosto: Clase del Dr. Cahn DISLOCACIONES. Figura 6. Lo primero que llama la atención es que la palabra dislocaciones aparece con caligrafía diferente, mostrando las dudas que tiene quien lo registraba. Más adelante encontramos: Lunes 15 de Agosto, Clase del Dr. Cahn Dislocaciones.

Agosto 12. Viernes. Ausencia de Dr. Primo  
Clase del Dr. Cahn. Dislocaciones.

Agosto 15. Lunes. Ausencia de Dr. Primo  
9-10 Clase del Ing. Galloni - Interferencia de la luz.  
10-12 Clase del Dr. Cahn. Dislocaciones.

Agosto 16. Martes. Ausencia de Dr. Primo  
9-11 Experiencias en la Facultad con el Ing. Galloni - Polarización, interferencia, difracción.

Agosto 18. Jueves. Ausencia de Dr. Primo y Col.  
9-12 Clase de repaso del Dr. Varsavsky sobre cristalografía, proyección estereográfica y deformación plástica.

Agosto 19. Viernes. Asistencia completa.  
9-12 Clase de repaso sobre dislocaciones, del Prof. Sabato.

Figura 6.- Clases sobre Dislocaciones

Estas dos clases de Cahn sobre Dislocaciones, aparentemente generaron una fenomenal confusión entre los Pro-hombres ( y mujeres) de nuestro futuro Departamento de Metalurgia.

Prueba de ello es que debe intervenir Sabato, y leemos: Viernes 19 de Agosto: Clase de repaso sobre dislocaciones, del Prof. Sabato. Pero esto no es suficiente, porque debe volver sobre el tema: Miércoles 24 de Agosto: Clase del Prof. Sabato sobre dislocaciones.

Lo que oíamos los novatos, con frecuencia, era que “alguien” habría dicho:

**“No se preocupen. Esto de las dislocaciones es una moda y seguro que en un par de meses ya nadie habla más del tema.”**

Años después nos reconocieron que la frase había sido de Sabato. Es evidente que la mayoría creyó que Sabato estaba hablando en serio. Pero si recordamos el trabajo publicado por Sabato en 1954, (9) en el que describe la Metalurgia de la década 1944-1954, vemos que el tema de las dislocaciones no lo tomaba como una moda pasajera. La frase la tuvo que usar para tranquilizar a sus preocupados alumnos.

Volviendo al cuaderno, leemos más adelante: Viernes 16 de Setiembre 9-11hs. Clase del Prof. Cahn. El tema previsto para la clase era de revisión y estaba titulado como Panorama General. Seguramente Cahn no imaginaba lo “general” que iba a ser esta clase, pues el 16 de Setiembre de 1955 se produce el levantamiento militar que provocó la caída del segundo gobierno de Perón. Esta sería la última clase de Cahn en el presente curso. Debido al revuelo general las clases deben suspenderse, y Cahn retorna a Inglaterra. El pasaje de Cahn era en Aerolíneas Argentinas y, según su interpretación (10), todos los vuelos de Aerolíneas Argentinas fueron tomados por los miembros del anterior gobierno que dejaban el país. El problema del retorno lo pudo resolver gracias a que Scandinavian Airlines le canjeó el pasaje. Este acontecimiento no afectó de ningún modo la relación de Cahn con Sabato y con nuestro país, ya que volvió a visitar la Argentina en 1959, en 1962 y en varias oportunidades más.

En cuanto al curso de metalurgia, vemos en el cuaderno que las clases se suspenden, y sólo se reinician el Lunes 26 de Setiembre. Naturalmente, hubo cambios de autoridades en CNEA, pero solamente en los niveles jerárquicos más elevados. Nada de eso apareció registrado en el cuaderno. Esto nos deja una enseñanza importante, que Sabato menciona en varios de sus escritos. Vivimos en un país en crisis permanente, pero la tarea debe continuar si se quiere lograr algo positivo.

Más tarde leemos en el cuaderno: Viernes 21 de Octubre: despedida Biloni y Kittl. Las clases continúan, y se pasa al año siguiente. En Enero de 1956 se describe, entre otras cosas, un seminario de preparación para el curso de Gebhardt. Para realizar ese seminario eligieron como guía el libro de Sachs y todos los miembros del grupo de Metalurgia, alumnos y no alumnos, debieron preparar y exponer un capítulo cada uno.

Varias páginas más adelante vemos: Miércoles 6 de Junio de 1956 Primera clase del Dr. Gebhardt: Diagramas Ternarios. Los registros del cuaderno terminan en Noviembre de 1956.

El primer curso de Metalurgia tuvo una duración de un año, complementado con trabajos especiales que se le asignaron a cada alumno, seminarios internos sobre estos trabajos en desarrollo, seminarios sobre publicaciones de los profesores próximos a llegar y sobre publicaciones de modelos de elementos combustibles. El curso se complementó además con visitas a empresas metalúrgicas.

La etapa de formación se completó con una estadía de uno a dos años en los laboratorios de los metalurgistas visitantes. La primera distribución de viajes de especialización fue la siguiente:

Heraldo Biloni: 1956 Max Planck Institute de Stuttgart, Alemania  
Jorge Kittl: 1956-1957 Max Planck Institute de Stuttgart, Alemania  
Antonio Carrea: 1956 Universidad de Birmingham, Inglaterra  
Jorge A. Mazza: 1956 Universidad de Birmingham, Inglaterra  
Nelly A. de Libanati: 1956-57 Ecole des Mines de París, Francia  
Juan C. Di Primio: 1957 Max Planck Institute de Stuttgart, Alemania  
Cesar M. Libanati: 1957-58 Ecole des Mines de París, Francia  
C. A. Martínez Vidal: 1956-1958 Max Planck Inst., Alemania  
Jorge A. Coll: 1958-1959 Universidad de Birmingham, Inglaterra

A su retorno a CNEA, cada uno de ellos inició una línea de trabajo independiente. Así es como se inician los grupos de Metalografía, Solidificación, Transformaciones Mecánicas, Extrusión, Difusión, Sinterizado, Gases en Metales, etc. Sabato inició también su propia línea de investigación: Deformación por Impacto del aluminio, trabajo que llevó adelante con la colaboración del Lic. en Física Pablo Kittl, hermano de Jorge Kittl.

Un procedimiento parecido se fue aplicando con los profesionales que ingresaron posteriormente a Metalurgia. La norma de Sabato era que no fueran al exterior a aprender temas que podían aprender en el país. Si el título que tenían permitía un doctorado, debían hacerlo en el país (en esa época aún no existían los doctorados en Ingeniería). Concluida la formación en el país, se les daba una beca para que se especializaran en el exterior. A su retorno podían iniciar una actividad independiente. Sabato tenía por norma que las estadias en el exterior no fuesen de más de dos años. Consideraba que estadias más prolongadas debilitaban los lazos con el país, y facilitaban la emigración.

A dos de los primeros expertos que colaboraron con la formación del Departamento de Metalurgia, Cahn y Lacombe, los podemos ver juntos en la Figura 7, acompañados por dos de sus primeros alumnos, Kittl y Coll, y junto a otro prestigioso metalurgista que dictó cursos en el Departamento, el Dr. Alfred Seeger. La foto fue tomada cuando nos visitaron en 1980, al cumplir 25 años el Departamento de Metalurgia.



Figura 7.- De izquierda a derecha, sentados: Robert Cahn, Jorge Coll y Alfred Seeger; de pie: J.R. Galvele, Jorge Kittl y Paul Lacombe, reunidos con motivo del 25 aniversario del Departamento de Metalurgia, en 1980.

## Capítulo 4

### PRIMER LOGRO

Luego de que la Unión Soviética hiciera explotar un artefacto nuclear, Estados Unidos decide levantar el secreto sobre la fisión nuclear, y el 8 de diciembre de 1952 el presidente Dwight Eisenhower lanza el programa “Átomos para la Paz” tendiente a divulgar la tecnología nuclear al resto del mundo.(11) Dentro de este programa, en 1956 Estados Unidos ofrece a países subdesarrollados la venta de reactores experimentales.(11) Los gobiernos en Medio Oriente, Asia y América Latina estudian la propuesta. En 1957 la Argentina, al igual que Brasil, decide comprar un reactor experimental de 5 MW.

En marzo de 1957 el nuevo presidente de CNEA, Oscar Armando Quihillalt, viaja a Estados Unidos para formalizar la compra. Allí se le informa que va a haber una demora de tres meses, por trámites administrativos. Mientras tanto, en una conferencia se encuentra con el ingeniero argentino Carlos Buchler, ex miembro de CNEA, que había sido enviado a perfeccionarse en el Argonne National Laboratory. Éste le recomienda visitar el reactor experimental Argonaut, que funcionaba en dicho laboratorio. Era un modelo de reactor de bajo costo, y lo suficientemente seguro como para ser utilizado para la capacitación de los estudiantes de la Universidad de Chicago. Allí Quihillalt concibe la idea de hacer en la Argentina un reactor similar, en lugar de comprar el que le ofrecían. Mediante gestiones que no se apartaban del programa “Átomos para la Paz”, y con la ayuda de John Hall, encargado de las relaciones exteriores de la Comisión de Energía Atómica estadounidense, Quihillalt consigue copia de los planos del Argonaut y el compromiso de entrenar a tres técnicos argentinos.(11) Así se decide que el reactor se va a construir en la Argentina y que solamente se arrendaría el uranio enriquecido a Estados Unidos.

Sobre esta decisión Sabato dice: (12) “...( yo creo que fue la decisión más importante de toda la historia de la Comisión ya que sus consecuencias filosóficas señalaron el camino a seguir), la CNEA resolvió que ese primer reactor no iba a ser adquirido en el extranjero (como lo habían hecho Brasil, Venezuela, España, Pakistán, Turquía, etc.) sino que debía ser construido en el país.”

De vuelta en Buenos Aires, Quihillalt consigue del Secretario de Hacienda 15000 dólares para la compra de los elementos combustibles en el exterior. Pero Quihillalt quería que todo el reactor se fabricara en el país, y esos fondos los destina para la compra de componentes electrónicos para el reactor.(11)

Quihillalt consulta con Jorge Mazza, dado que Sabato estaba en Birmingham, la posibilidad de hacer los elementos combustibles en tiempo. Cuando Sabato retorna le confirma a Quihillalt que los elementos se harían.

Sabato le plantea a su gente que si hacían los elementos combustibles iba a cambiar la situación interna de Metalurgia, de modo que trabajaron muy duro para conseguirlo.

Si bien tenían conocimientos sobre metalurgia, el equipamiento con que contaban era escaso, y no tenían experiencia en la fabricación de elementos combustibles. Sabato cuenta que algunos consideraban que era una locura lo que pensaban hacer, pero que contaron siempre con el apoyo decidido de Quihillalt. (12)

Según Mazza (11) para fabricar el elemento combustible contaban solamente con una carta del Dr. Fidel Alsina y un dibujo a mano alzada del elemento combustible.

El elemento combustible se iba a hacer con óxido de uranio U3O8 enriquecido al 20%. Para poner a punto la técnica de fabricación Mazza quedó a cargo de la producción del elemento combustible, y Kittl de la producción del U3O8. Para esto último Kittl se encargó de los hornos para calcinar el UO3.xH2O, que se producía en la fábrica de CNEA en Ezeiza.

El U3O8 se mezclaba con polvo de aluminio, y la mezcla se introducía en tochos de aluminio para extrudar las placas del elemento combustible. El primer prototipo de elemento, de tamaño reducido, lo obtuvieron con una prensa manual. Luego debieron poner a punto la producción de los elementos en una prensa de mayor envergadura, para lo que debieron recurrir a una prensa de 750 toneladas que acababa de recibir la empresa CAMEA. Para no interferir con el trabajo de la empresa, los ensayos los debían hacer los fines de semana.

Cuenta Sabato la siguiente anécdota:(12) “A mediados del 57 una misión norteamericana visitó la CNEA cuando en nuestro laboratorio estábamos trabajando - con Jorge Mazza - con una prensa de mano, en el prototipo de elemento combustible del RA-1.”

“En el momento que los visitantes entraron a nuestra pieza, yo bombeaba en la prensa y Mazza sostenía con una pinza la matriz de extrusión. Cuando nos preguntaron qué hacíamos, contestamos, con toda desenvoltura, que el primer ensayo para el prototipo de elemento combustible del reactor RA-1. No contestaron y se fueron. Poco tiempo después Quihillalt me contó que el jefe de la misión norteamericana pidió hablar con él y le dijo: “Usted tiene en una pieza a dos tipos que juegan con una prensa a mano y que están totalmente locos. Lo que le sugiero es que los eche lo antes posible”.”

Para obtener las placas del elemento combustible debieron ensayar una serie de variables, tales como composición del aluminio para el tocho de extrusión, geometría del mismo, Figura 8, temperaturas de trabajo, diseño de la matriz de extrusión, Figura 9, etc. Los diferentes tipos de matrices de extrusión los realizaron en la empresa del Ing. Manuel De Miguel, quien luego reaparecerá en la historia del Departamento de Metalurgia. El desarrollo se completó en 9 meses.

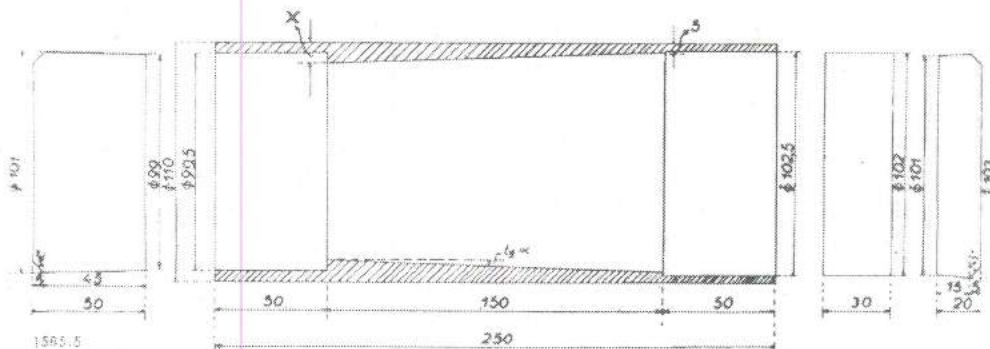


Figure 5. Longitudinal cross-section of extrusion cartridge (dimensions in mm)

Figura 8.- Corte longitudinal del tocho de extrusión.

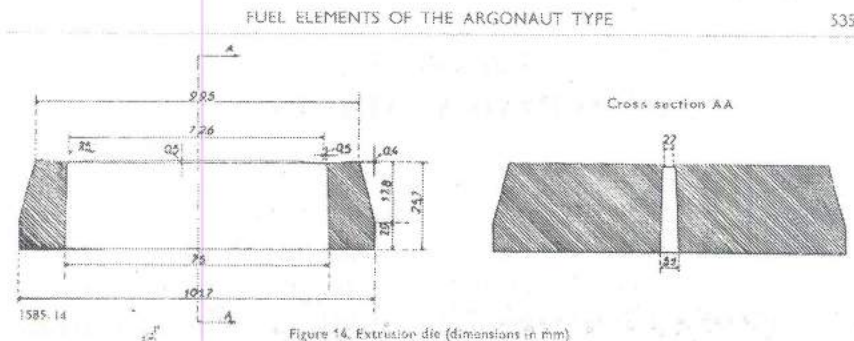


Figure 14. Extrusion die (dimensions in mm)

Figura 9.- Diseño de la matriz de extrusión.



En la segunda semana de diciembre de 1957 llegó de Estados Unidos el U3O8 enriquecido al 20%, provisto por Mallinckrodt.(11) La granulometría de este óxido era diferente a la obtenida por Kittl, y aparecieron problemas en el mezclado con polvo de aluminio y en la extrusión. Finalmente se resolvieron, y en la segunda semana de 1958 se entregaron los elementos combustibles terminados, Figura 10.

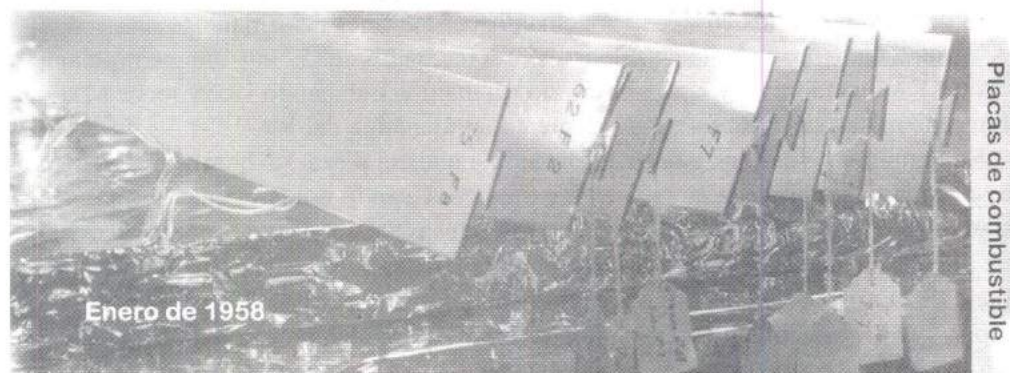


Figura 10.- Elementos combustibles RA-1 terminados.

El 17 de enero de 1958, a las 6:25 a.m., el reactor alcanzó el estado crítico, y el 20 de enero de 1958 se realizó el acto oficial de inauguración del RA-1. El reactor brasileño, comprado a Estados Unidos, se inauguró el 27 de enero.

Pese a las dificultades la gente de Metalurgia pudo cumplir con su objetivo en tiempo y exitosamente. Los elementos combustibles fueron fabricados por Kittl, Machado, Mazza, Sabato y Silbert. La descripción del trabajo se publicó en la 2da. Conferencia Internacional de Usos Pacíficos de Energía Atómica, en Ginebra en 1958.(13)

El diseño original era americano, pero en el desarrollo local se introdujeron una serie de modificaciones importantes.(12) Como resultado de ello, Sabato, que no se amilanaba ante nada, en agosto de 1958 consiguió venderle el “know how” de estos elementos combustibles a Degussa, que tenía que fabricar elementos combustibles análogos para un reactor que se iba a instalar en Berlín. Sabato y Kittl redactaron un informe sobre la técnica de fabricación, y la venta le debe haber reportado a CNEA, según Mazza,(11) unos 10.000 dólares de esa época. Para tener una idea del monto, a Quihillalt el Secretario de Hacienda le había dado 15.000 dólares para comprar los elementos combustibles, dinero que se usó para el equipamiento electrónico del RA-1.(11) Sabato termina diciendo, sobre este tema: “Así fue como por primera vez Argentina exportó tecnología nuclear y nada menos que a Alemania”.(12)

## Capítulo 5 ACTIVIDAD ACADÉMICA

Es importante volver al trabajo publicado por Sabato en 1954, y que reproducimos en el Capítulo 2. Nos referimos a “LA METALOGÍA EN EL DECENIO 1944-1954”.(9) La importancia de este trabajo reside en el hecho de que aquí define Sabato la política que considera que debe aplicarse cuando se desarrollan institutos de Investigación y Desarrollo. Dice allí: “... Para la realización de estos institutos no olvidar que el orden de importancia de los elementos en juego son: primero, los hombres que van a trabajar en ellos; segundo, el

instrumental y tercero, último, el edificio. No caigamos una vez más en el funesto error de construir un lujoso y muy caro edificio para mostrar en fotografías y olvidarnos de que la ciencia avanza por el esfuerzo y la inteligencia de los investigadores que en ella trabajan. Y démosle a éstos la *libertad y respeto* que se merecen, ....” Este es el criterio que utilizará en todas sus actividades futuras.

Otro punto que destaca en ese trabajo es que en el país no se habían publicado trabajos originales en metalurgia, ni se había efectuado ninguna reunión científica para la discusión de los problemas de la metalurgia. Al ingresar a CNEA trata de enmendar estas deficiencias. La primera, tal como ya lo vimos, fue dedicarse a la formación de recursos humanos. La segunda fue disponer de un foro para discusión de problemas de la metalurgia. Es así como J.A. Sabato, junto con E.R. Abril, H.F. Antelo, J. Balzarini, J. Muntaner Coll y A. Sturla convocan a una reunión en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Allí se reúne, el 20 de diciembre de 1955, un conjunto de profesionales interesados en temas metalúrgicos, un total de 65, y fundan la Sociedad Argentina de Metales (SAM), actualmente conocida como Asociación Argentina de Materiales.(14) La SAM que ya ha cumplido 50 años de existencia, organizó en forma periódica reuniones científicas en diferentes partes del país, y editó una revista, que actualmente se publica en formato electrónico.

A los cuatro años de iniciada la formación de metalurgistas en CNEA, los mismos comienzan a acumular resultados originales propios, por lo que Sabato encuentra oportuno organizar, en 1959, las Primeras Jornadas Metalúrgicas Argentinas y Latinoamericanas. Las realiza en el local de la Sociedad Científica Argentina. En la Figura 11 lo vemos a Sabato recibiendo a una delegación latinoamericana, y en la Figura 12 está hablando en el acto inaugural de las Jornadas. El contacto del Departamento de Metalurgia con la comunidad metalúrgica argentina, y con los laboratorios metalúrgicos de Latinoamérica, son actividades que Sabato fomenta en forma permanente, durante toda su estadía en CNEA.



Figura 11.- Sabato recibiendo a una delegación latinoamericana.

## Capítulo 6

### INFRAESTRUCTURA DE METALURGIA

Sabato comenzó a construir el Departamento de Metalurgia, en CNEA, de cero. En el cuaderno del primer curso vemos que una de las actividades de los alumnos fue hacer un inventario de los libros de metalurgia disponibles en diferentes bibliotecas. Cuando se plantea la fabricación de los elementos combustibles para el RA-1, según cuenta Mazza, el equipamiento era escaso.(11) El primer microscopio era un Karl Zeiss viejo que había conseguido Biloni en préstamo del Museo Rivadavia. En cuanto al primer equipo de Rayos X, por lo que entiendo, Coll lo obtuvo del Hospital Naval, que lo había comprado para analizar cálculos renales, pero que no lo usaba más.



Figura 12.- Sabato disertando en el acto inaugural de las Primeras Jornadas Metalúrgicas Argentinas y Latinoamericanas, en la Sociedad Científica Argentina, en 1959.

Lo máximo que llegó a poseer la Sección de Metalurgia en 1960, en la Sede Central, eran dos laboratorios de 4 por 4, en el primer piso, Figuras 13 y 14, y un poco confortable taller en el sótano, frente a la caldera, que fue donde se hizo parte del trabajo de los elementos combustibles del RA-1. En lo referente a laboratorios, según comentarios de gente de la época, estos recién llegados que estaban ocupando espacios en el edificio de la Sede Central no eran muy bien vistos, porque como todos ustedes saben, el espacio en los laboratorios de investigación es siempre un recurso escaso y muy disputado.

Después del logro de los elementos combustibles del RA-1, tal como les había pronosticado Sabato a su gente, el apoyo que recibe Metalurgia crece notablemente. En este aspecto Sabato menciona:(12) "...nuestra decisión (importante) fue la de equipamiento de los laboratorios: máquinas, equipos e instrumentos fueron adquiridos teniendo en cuenta el objetivo de poder atacar problemas muy diversos por lo que el énfasis estuvo ... en la variedad y flexibilidad mucho más que en la especificidad. En cuanto a los edificios, nos metimos donde pudimos y es así que terminamos usando unos galpones que en Constituyentes habían sido construidos para depósitos y que por lo tanto no eran muy funcionales para trabajos de investigación y desarrollo. Dimos a los edificios tercera prioridad, y a los hombres primera prioridad."

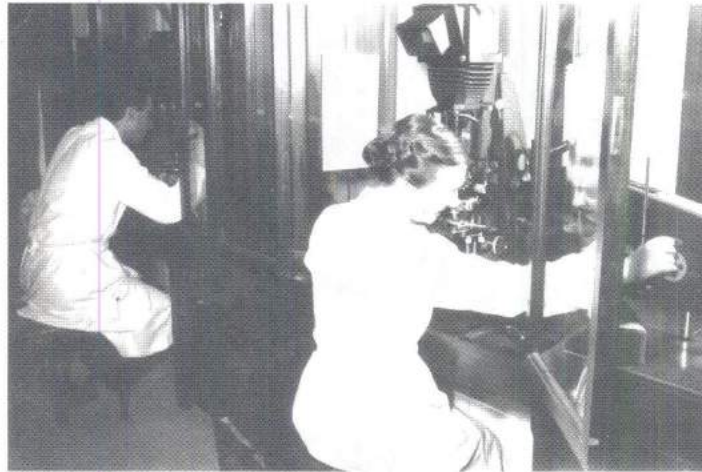


Figura 13.- Laboratorio de Metalurgia en la SEDE, en 1960. Nelly Libanati en microscopía.

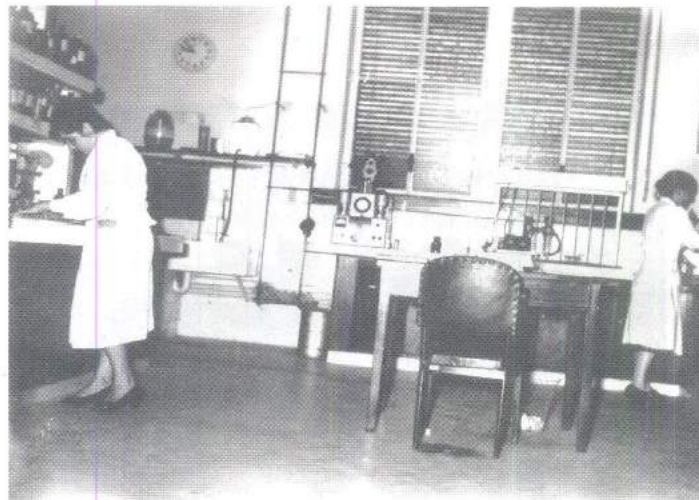


Figura 14.- Laboratorio de Metalurgia en la SEDE, en 1960.

Tan pronto se inaugura el reactor RA-1, en Constituyentes, Sabato concentra su atención sobre este sitio, que era un total descampado, salvo el edificio de automotores y el recién terminado reactor. Sabato consigue un par de galpones, que aún estaban en construcción, Figura 15, en lo que podemos ver que era un basural donde se amontonaban los equipos obsoletos del Instituto Massone, previo dueño del edificio que ocupa la Sede Central de CNEA.

Sabato le encomendó a Jorge Kittl que administrara la construcción de laboratorios dentro de esos galpones, tarea que vemos progresar en las Figuras 16 y 17. Todo este trabajo fue hecho con fondos de “caja chica” y material de rezago que obtenía Kittl. Esta tarea casi imposible, la terminó Kittl en julio de 1960.

El trabajo de Kittl fue premiado con un sabático en el laboratorio de Massalski, y nosotros nos abocamos a la mudanza a los nuevos laboratorios. El edificio que concluyó Kittl lo vemos en la Figura 18. El uso de los fondos de “caja chica”, la falta de planos, etc. quedó todo oficializado cuando el 27 de julio de 1960, el entonces Presidente de la República, Dr. Arturo Frondizi inauguró con toda pompa los nuevos laboratorios, tal como figura en la nota de La Prensa del 28/7/60.

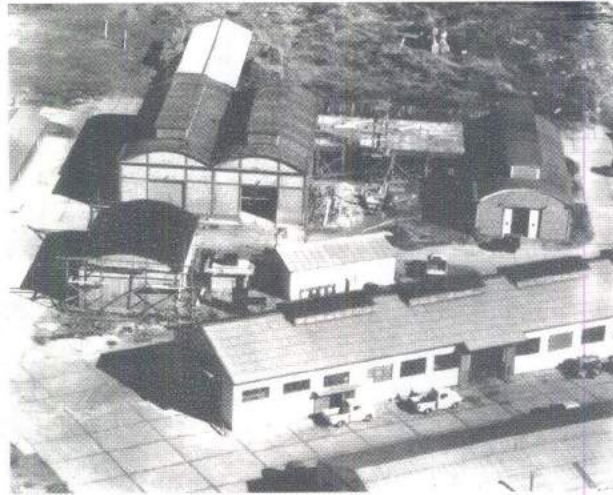


Figura 15.- Se inicia la construcción de los laboratorios de Metalurgia, en Constituyentes, en 1958.

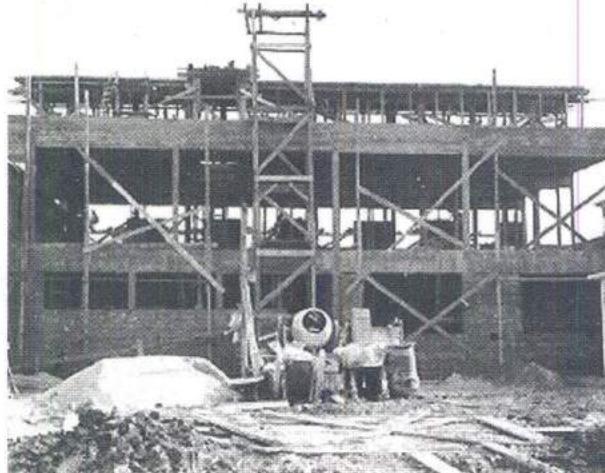


Figura 16.- Estado de la construcción de los laboratorios de Metalurgia, en 1958.

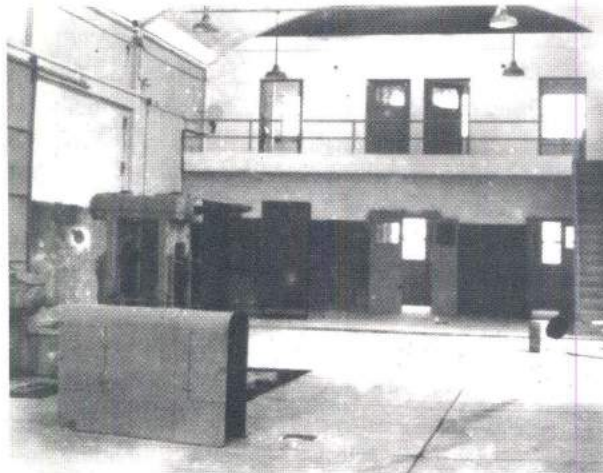


Figura 17.- Laboratorios en construcción dentro del galpon donde se instala la laminadora Krupp, en 1959.

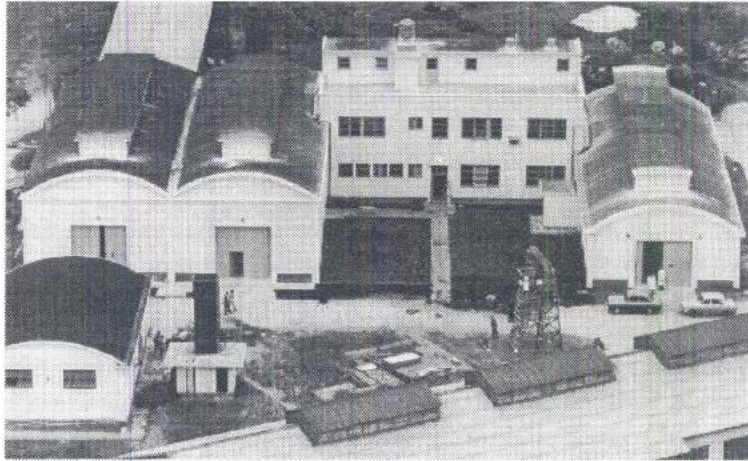


Figura 18.- Edificio de Metalurgia en Constituyentes, inaugurado el 27 de julio de 1960.

Es muy interesante reproducir, al menos en parte, la nota del diario: LA PRENSA, 28/7/60 "Se inauguraron los laboratorios de la Comisión de Energía Atómica. Con presencia del Presidente de la Nación quedó inaugurado ayer el Laboratorio de Metalurgia de la Comisión Nacional de Energía Atómica situado en Av. de los Constituyentes y General Paz. El laboratorio, en cuya construcción y equipamiento se invirtieron 30 millones de pesos —y sobre cuyas características informamos ayer—, desarrollará tareas auxiliares de la investigación atómica en el análisis de metales y aleaciones especiales y prestará servicios a la industria privada, estudiando los problemas conexos que se presenten. El doctor Arturo Frondizi llegó a las 10 acompañado por el Jefe de la casa Militar, brigadier Baldomero Jorge Llerena y por su edecán de turno teniente coronel Mariano J. de Nevares. Lo recibieron el presidente de la Comisión contralmirante Oscar A. Quihillalt; el director del laboratorio ingeniero Jorge A. Sabato y otras autoridades. Una compañía de la Escuela de Mecánica de la Armada le rindió honores con bandera y banda. ... Una banda de la marina inició el acto con el Himno Nacional, que fue cantado por los concurrentes, que colmaban las instalaciones del laboratorio. Ocupaban el estrado, a ambos lados del primer magistrado, el jefe de la Casa Militar, el contralmirante Quihillalt, el doctor Alberto Zaneta y el ministro de Defensa Nacional Dr. Justo P. Villar. En otros lugares de preferencia se ubicaron el Dr. Tulio H. Marulanda, director ejecutivo de Asuntos Nucleares de Colombia; el doctor Edward Witting subdirector de investigaciones del Ejército de los Estados Unidos; el doctor Ralph Feder del cuerpo directivo del laboratorio del arsenal de Frankfort, Filadelfia; el doctor Frank Foote jefe de la división metalurgia del Laboratorio Nacional de Argonne, de los Estados Unidos, el secretario técnico de la Presidencia, Dr. Juan Ovidio Zabala, y los profesores doctores Alberto González Domínguez y Manuel Sadosky de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de Buenos Aires. Abrió el acto el doctor Alberto Zaneta, miembro del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas quien lamentó la ausencia del doctor Bernardo Houssay y destacó la necesidad de fomentar las investigaciones científicas en general y de las de metalurgia en especial, dada la extraordinaria importancia que las aleaciones especiales han conquistado en las ramas más elevadas de la técnica moderna. Palabras del contralmirante Quihillalt: El presidente de la Comisión Nacional de Energía Atómica, contralmirante Oscar A. Quihillalt, que habló a continuación cerrando el acto, manifestó que la inauguración del laboratorio de la División Metalurgia significaba la iniciación de una nueva etapa en la vida de la entidad, por cuanto realizará investigaciones en amplia escala. ... Elogió

después el esfuerzo de capacitación cumplido por el personal de la División Metalurgia hasta el presente, la fabricación de elementos combustibles para el reactor R.A.1 primero en su género en América Latina.” ... “Finalizadas las palabras del contralmirante Quihillalt, el doctor Frondizi fue invitado a recorrer las instalaciones del laboratorio, acompañado por las autoridades presentes, y, finalizado el acto, se sirvió una copa de champaña en una de sus dependencias.”

Según leemos en la misma nota, el día anterior se había realizado una conferencia de prensa: “Declaraciones de Investigadores de los Estados Unidos: En el local central de la Comisión Nacional de Energía Atómica se realizó ayer una conferencia de prensa a la que asistieron los doctores Frank Foote, jefe de la división metalurgia del Laboratorio Nacional de Argonne, Illinois, Edward Witting, subdirector de investigaciones del Ejército de los Estados Unidos, Ralph Feder del cuerpo directivo del laboratorio del arsenal de Frankfort, Filadelfia y Charles Warnes agregado científico de la Comisión Nacional de Energía Atómica de aquel país. Actuó como intérprete y participó de la reunión el profesor Jorge Sabato, jefe de la división metalurgia de la institución, ... Ante el requerimiento de los periodistas el doctor Foote afirmó que la obra inaugurada abre grandes posibilidades a la metalurgia del país, en el campo de la investigación, ... . Después, el profesor Sabato señaló que la función específica actual de la nueva planta es la de efectuar el desarrollo de elementos combustibles para reactores nucleares, pero afirmó que se pueden realizar otros experimentos. Luego se refirió al programa de intercambio de personal científico entre ambos países, que ya se cumple, ... . El doctor Witting dijo seguidamente que había venido para preparar un programa de labor en común, y el doctor Foote agregó que los trabajos serán financiados por la National Science Foundation. El ingeniero Sabato señaló en tal sentido que, entre las fuentes financieras para experimentos en la materia en el país, se cuentan, además de la citada por el doctor Foote, los aportes de la Comisión Nacional de Energía Atómica, de la Comisión Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, de la oficina de experimentación de la Organización de los Estados Americanos y la de grupos de financiación mixta.”

El intercambio al que se hace referencia en la nota se llevó adelante, permitiendo completar el entrenamiento de numerosos investigadores argentinos. En particular, es interesante destacar que el mismo le permitió a Sabato enviar a Horacio A. Osuna al laboratorio de Foote, para entrenarse en el trabajo con plutonio. Esto le permitió, a su vuelta al país instalar el Laboratorio Alfa, dado que ya se planeaba el uso de óxido de plutonio como enriquecedor del combustible de los elementos combustibles de uranio natural, en futuros reactores de potencia.

Volvamos al edificio que acababa de inaugurar Frondizi. La figura siguiente nos muestra la parte central de este primer edificio, Figura 19. En la parte superior estaba el cuarto de hornos, que luego se transformaría en el bar de González. En el primer piso, a la izquierda estaba el laboratorio de óxido de uranio, donde, entre otras actividades, Araoz hacía su tesis doctoral. El primer ventanal, del centro a la derecha, en su parte delantera era la oficina de Sabato, detrás estaba la oficina de la secretaria de Sabato. El segundo ventanal era la biblioteca de Metalurgia. De los dos ventanales de la planta baja, el primero correspondía a metalografía, en tanto que el segundo, en su parte delantera era la oficina de Biloni. En la parte trasera estaban el cuarto oscuro y el laboratorio de fotografía. En el contrafrente del edificio había una serie de laboratorios, que incluían: Gases en metales; Rayos-X; Transformaciones de fase; Difusión; Corrosión de aluminio; Laboratorios de pulido metalográfico, etc.

En cuanto al equipamiento que contenía el nuevo edificio, podemos ver que Sabato se mantiene fiel a su idea de formar un laboratorio lo más versátil posible. La idea es que pueda abocarse a un amplio espectro de problemas metalúrgicos, y que no se restrinja a lo exclusiva-

mente nuclear. El enfoque es correcto, pues como se vio con los años, los problemas que pueden poner fuera de servicio a una central nuclear no son aquéllos que encasillaríamos dentro de la "metalurgia nuclear", sino que con mucha frecuencia son problemas de metalurgia "clásica".



Figura 19.- Parte central del nuevo edificio de Metalurgia, inaugurado en julio de 1960.

Así es como entre los nuevos equipos vemos un dilatómetro en alto vacío tipo Bollenrath, Figura 20; una Micromáquina para ensayos mecánicos y un dilatómetro diferencial tipo Chevenard, Figura 21; un horno con arco de tungsteno, para preparar probetas en atmósfera controlada, Figura 22, que permite preparar pequeñas muestras de aleaciones experimentales.

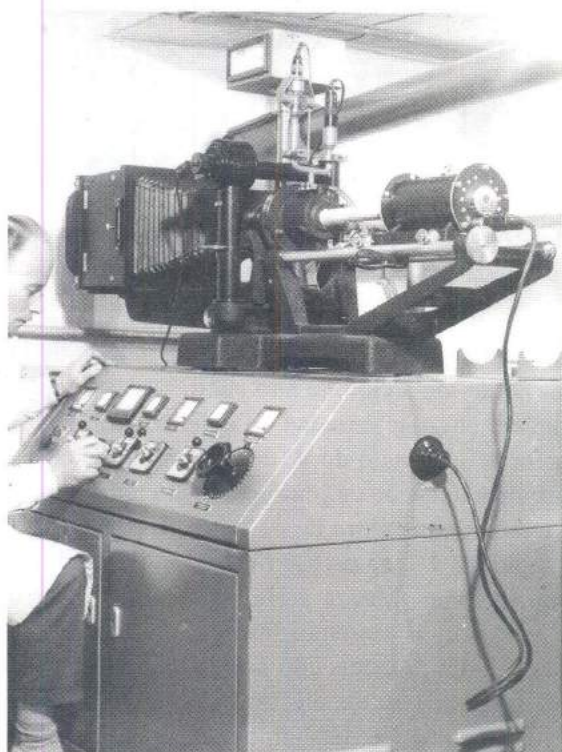


Figura 20.- Dilatómetro en alto vacío tipo Bollenrath, como parte del equipamiento del nuevo edificio.



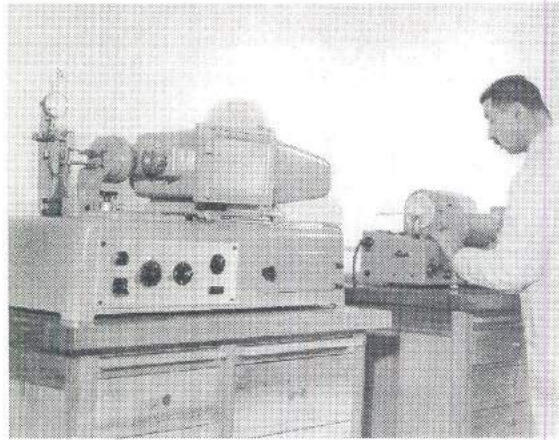


Figura 21.- Micromáquina para ensayos mecánicos y un dilatómetro diferencial tipo Chevenard.

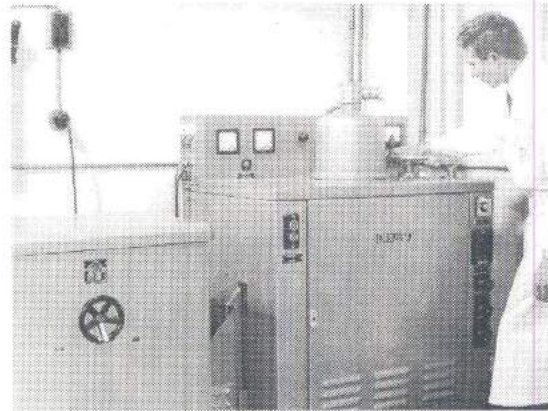


Figura 22.- Horno con arco de tungsteno, para preparar probetas en atmósfera controlada, que permite preparar pequeñas muestras de aleaciones experimentales.

En la figura siguiente tenemos una vista general del galpón de fundición, Figura 23. En la Figura 24 vemos un horno de inducción de alto vacío Degussa, que rindió un servicio inestimable al grupo de fundición, en gran variedad de aplicaciones. La Figura 25 nos muestra un horno de arco en alto vacío, de electrodo de W o consumible, Degussa, que fue de gran utilidad en el desarrollo de las aleaciones de circonio para los elementos combustibles de Atucha.

También se incluyen una laminadora de desbaste Krupp, Figura 26, que recibió un uso muy intenso en los años siguientes. Una prensa hidráulica Puma de 100 toneladas, Figura 27, con la que, entre otras aplicaciones, Mazza y Hey estuvieron desarrollando modelos de elementos combustibles en barra, cuyos extremos terminaban cerrados por el mismo proceso de extrusión. Equipos de recocido de probetas con hornos que en esa época eran todos de fabricación casera, Figura 28. Equipos de pulido electrolítico, también de fabricación casera, Figura 29. Autoclaves para ensayos de corrosión de aluminio en agua, fabricadas localmente y que permitían presiones de trabajo muy inferiores a las que permiten las autoclaves con que se cuenta actualmente, Figura 30. Deben incluirse también microscopios metalográficos, así como una amplia variedad de equipos de taller para el maquinado de probetas; etc.

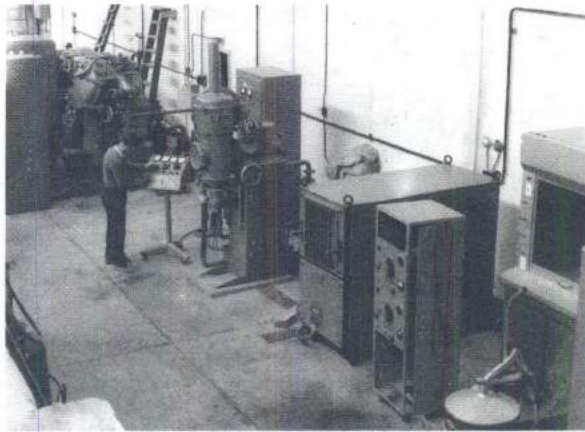


Figura 23.- Vista general del equipamiento del galpón de fundición, del nuevo edificio.

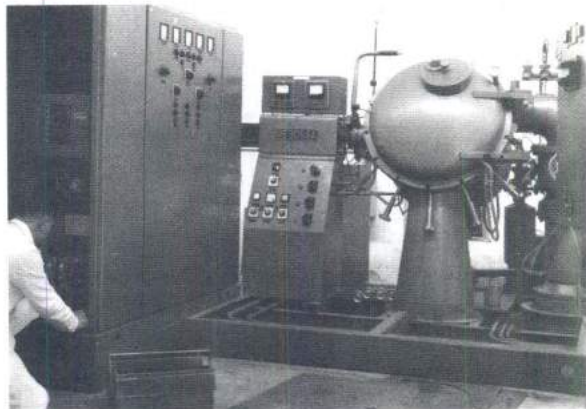


Figura 24.- Horno de inducción de alto vacío Degussa, que rindió un servicio inestimable al grupo de fundición, en gran variedad de aplicaciones.

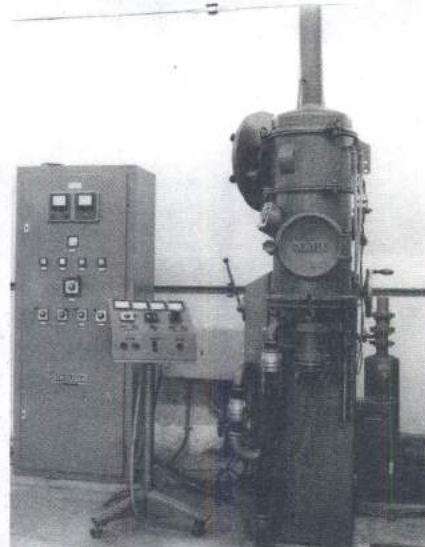


Figura 25.- Horno de arco en alto vacío, de electrodo de W o consumible, Degussa, de gran utilidad en el desarrollo de las aleaciones de circonio para los elementos combustibles de Atucha.

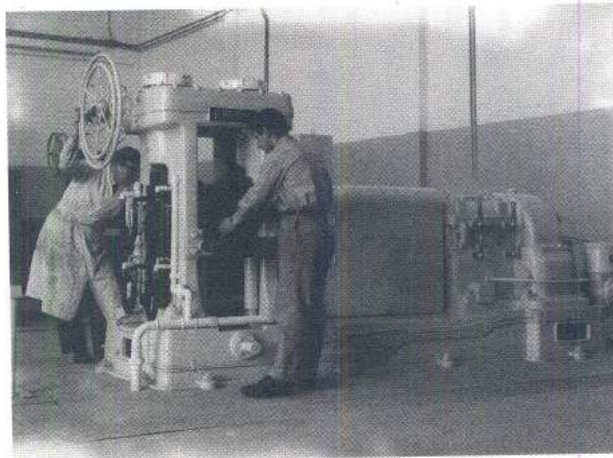


Figura 26.- El nuevo equipamiento incluye una laminadora de desbaste Krupp.

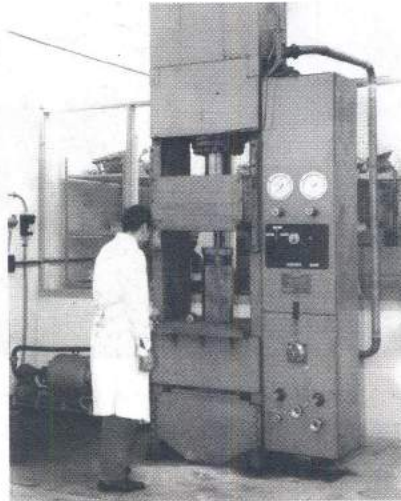


Figura 27.- Prensa hidráulica Puma de 100 toneladas.

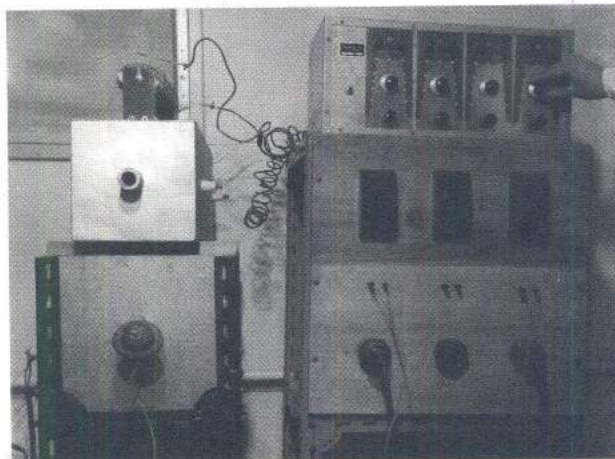


Figura 28.- Equipos de recocido de probetas con hornos de fabricación casera.

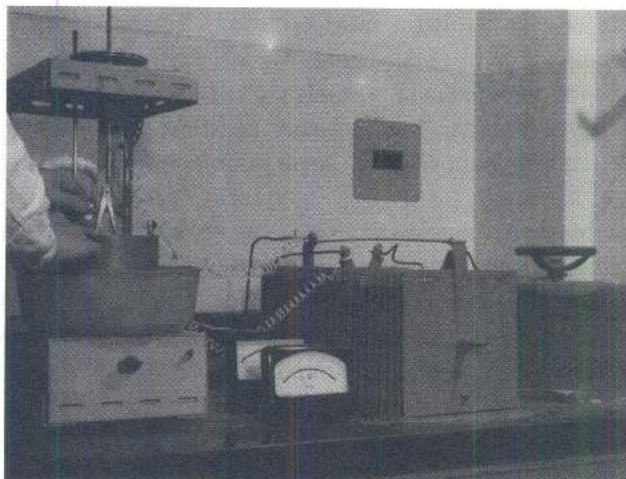


Figura 29.- Equipo de pulido electrolítico, también de fabricación casera.

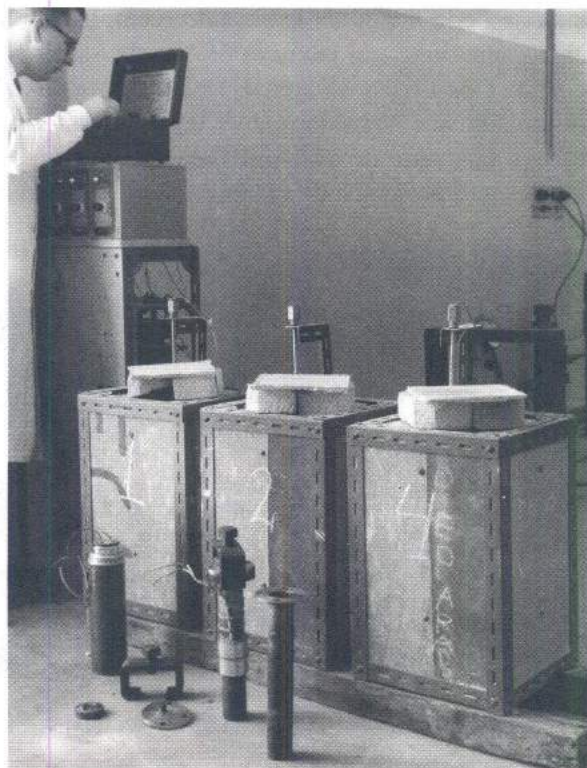


Figura 30.- Autoclaves para ensayos de corrosión de aluminio en agua.

La mudanza al nuevo edificio, en Constituyentes, fue acompañada por un replanteo de los principios que debían regir al laboratorio. Según palabras de Sabato (12): “Con respecto a los objetivos del Departamento, resolvimos que si la CNEA no era capaz de definirlos, ello no nos eximía de nuestra propia responsabilidad, porque al fin de cuenta nosotros éramos los metalurgistas de CNEA y se supone que deberíamos ser capaces de determinar las metas de nuestro trabajo. ... En consecuencia dijimos: el Departamento de Metalurgia debe hacer Metalurgia al más alto nivel ... ayudar al país a adquirir capacidad autónoma en materia nuclear ...

cooperar estrechamente con la industria electro-mecánica-metalúrgica argentina para hacer posible su máxima participación en el desarrollo nuclear nacional.” ... “Estas respuestas nos llevaron a ciertas decisiones personales importantes: en primer lugar, la de no emigrar en ninguna circunstancia, ... en segundo lugar, la de trabajar full-time en CNEA a pesar de que en esa época el full-time no se pagaba (imposible hacer un gran laboratorio si uno se la pasa changueando de un lado a otro).”

Cuando Sabato habla de dedicación exclusiva, no se refiere exclusivamente al número de horas que se dedican a una tarea, sino a la atención que se está prestando al tema en estudio. Sabato siempre decía que el tesista o el investigador que, a la mañana, al llegar a su laboratorio debe ponerse a pensar qué es lo que estaba haciendo, evidentemente no está en el tema, y no está en condiciones de competir a nivel internacional.

Respecto a la aplicación del full-time luego de la mudanza, recuerdo que los que estaban en el Departamento y también dictaban clases en la Universidad, debieron optar por una de las dos actividades. El caso que mejor recuerdo es el del Prof. Heberto Puente, que optó por quedarse en la UBA, y dejó CNEA. Otros en cambio optaron por seguir en CNEA.

Volviendo al nuevo edificio, el crecimiento de Metalurgia no terminó en 1960. En 1962, Figura 31, el portón del galpón de la izquierda había sido reemplazado por una puerta y tres ventanas. Una de las ventanas superiores era la nueva oficina de Sabato. La otra era la oficina de administración, que ocupaba Don Eliseo Alvarez. En cuanto al resto del galpón, en parte de la planta baja se construyó un aula, que hospedaría los Cursos Panamericanos de Metalurgia y en el primer piso se construyó una serie de oficinas. Parte del galpón se dedicó a cuarto de hornos, y en la parte trasera del galpón se instaló el laboratorio de Elementos Combustibles.



Figura 31.- Vista del edificio de Metalurgia en 1962.

En 1968 vemos más cambios, Figura 32, y todavía faltan el segundo piso de la parte delantera, la nueva biblioteca de Metalurgia en la planta baja, los galpones para los elementos combustibles de potencia, el edificio intermedio y el edificio de lo que sería luego el Departamento SATI.

Una vista de todos los Departamentos que componían la Gerencia de Tecnología puede verse en la Figura 33. Esta es una vista del Centro Atómico Constituyentes, tomada muy probablemente en 1975-76, pero contiene la estructura de la Gerencia de Tecnología que dejó Sabato al irse de la Comisión Nacional de Energía Atómica en 1973. En la misma se han individualizado cada una de las dependencias que componían la Gerencia de Tecnología.

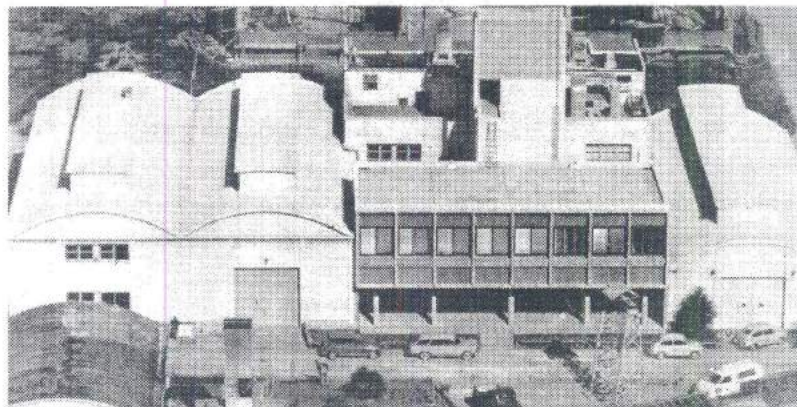


Figura 32.- Metalurgia en 1968.



Figura 33.- El CAC con la Gerencia de Tecnología que dejó Sabato en 1973. A la izquierda termina el CAC y comienza el INTI. Parte de estos terrenos fueron cedidos posteriormente a CNEA para construir los edificios que conforman el Tandar.

Nótese que a la izquierda de la figura el Centro Atómico termina bruscamente, y se observa un terreno baldío. Este terreno pertenecía al INTI, y en 1976 fue cedido a CNEA para construir el Acelerador Tandar y los edificios que lo rodean.

## Capítulo 7

### S.A.T.I.

En 1961 Oscar Wortman regresa del Argonne National Laboratory, de los Estados Unidos, donde había ido becado por CNEA, para especializarse en soldadura. De vuelta al Departamento de Metalurgia, Wortman (15) nos cuenta que Sabato lo llamó una mañana y le propuso abrir el laboratorio de Metalurgia a la industria nacional, creando el Servicio de Asistencia Técnica a la Industria (SATI).

Según el planteo de Sabato, no era posible tener una inversión en equipos y en gente de la magnitud que se estaba creando en el Departamento de Metalurgia, sin usarla como fuente de consulta y desarrollo para la industria mecánico metalúrgica.

Para formalizar la creación del SATI, Figura 34, se firmó un convenio entre la CNEA y la Asociación de Industriales Metalúrgicos (ADIMRA). El contacto con ADIMRA lo consigue Sabato gracias a su amistad con el Ing. Manuel De Miguel, que en ese momento era miembro de la Comisión Directiva de ADIMRA. El conocimiento con este ingeniero había surgido durante la fabricación de los elementos combustibles para el RA 1. De Miguel era el dueño de la industria que les fabricó a Mazza y Sabato las diferentes matrices de extrusión que debieron ensayar para obtener los elementos combustibles.

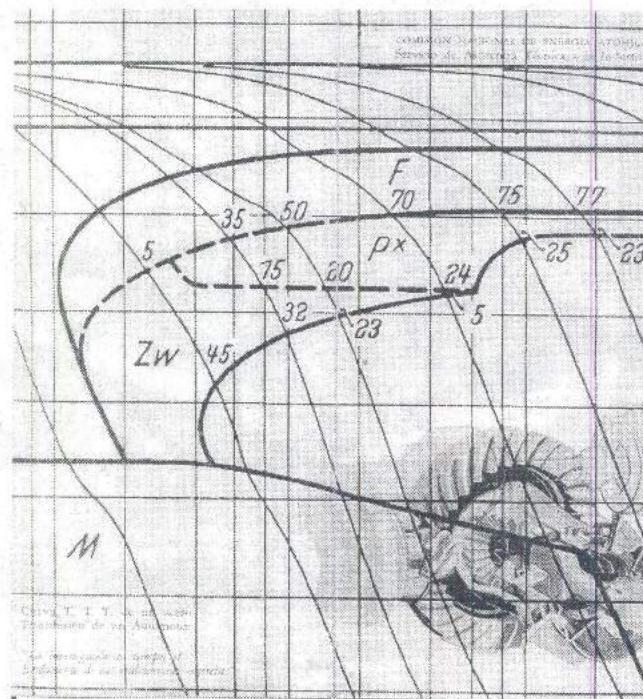


Figura 34.- Primer folleto del SATI.

Los objetivos que tenía el SATI eran: (15)

- Actuar como consultor científico tecnológico de la industria metalúrgica en todos los problemas relacionados con los procesos y fabricación de metales y aleaciones
- Desarrollar nuevos métodos de control de calidad incluyendo ensayos no destructivos
- Facilitar el acceso de la industria a una mejor información científica y técnica

- Servir como centro de entrenamiento para técnicos y profesionales en el área de Ingeniería Metalúrgica

Dicho por Wortman, los años del SATI fueron extraordinariamente interesantes, aunque muy difíciles. El SATI debía actuar de interlocutor entre una industria de bajos requerimientos tecnológicos (recién comenzaba a desarrollarse la industria automotriz) y los metalúrgicos de CNEA, algunos de ellos mucho más interesados en otros campos menos aplicados de la metalurgia. Pese a lo que dice Wortman, varios grupos del Departamento de Metalurgia encontraron que la interacción con la industria, vía el SATI, era muy enriquecedora. Por ejemplo, el grupo de Corrosión recibía de CNEA requerimientos limitados a los problemas que podían presentarse en los reactores experimentales. En cambio el contacto con la industria le permitió aplicar conocimientos que estaba desarrollando en el laboratorio, y acumular experiencia que luego sería de gran utilidad cuando se presentaron problemas de mayor envergadura, como los planteados por la selección de materiales, construcción y funcionamiento de centrales nucleares de potencia.

Según Wortman, Sabato consideraba que si la industria no estaba interesada técnica y económicamente en la tarea del Departamento de Metalurgia, no existiría sustento suficiente para su continuidad. Además era un convencido del efecto positivo que podía producir una experiencia de ese tipo.

El SATI, que pasó a ser luego un Departamento de la Gerencia de Tecnología, realizó muchos trabajos de aplicación directa a la Industria. (Conviene notar que al hacerse cargo del SATI, Wortman continuó con el tema de su especialidad, la soldadura. Esto explica la razón por la cual aún en la actualidad el laboratorio de soldadura forma parte del Departamento SATI [actualmente INEND], y no del Departamento de Materiales).

En su exposición Wortman (15) menciona algunos de los trabajos realizados por el SATI:

- Colocación de un sistema radioactivo de detección de desgaste de refractarios en los altos hornos y en el mezclador de arrabio en Altos Hornos de Zapla
- Marcado de bolas de molino para hornos de cemento para estudiar su desgaste
- Desarrollo de una aleación de Cu-Zr de alta conductividad y alta resistencia para soldadura de la Industria Automotriz
- Análisis de fallas de locomotoras GE de 1800 HP
- Desarrollo de un método para soldar chapas finas por método MIG con corriente pulsante
- Metalografía no destructiva de calderas industriales
- Determinación de la composición de inclusiones en aceros para paliers de automóviles
- Determinación de las causas de roturas de una pieza de aleación de magnesio de uso aeronáutico, etc., etc.,

Wortman destaca el fundamental apoyo que ofrecieron los distintos grupos de trabajo que actuaron dentro de la Gerencia de Tecnología: fundición, tratamientos térmicos, deformación plástica, corrosión, metalografía, difracción de Rayos X, etc.

Hasta 1974, año en el cual Wortman se retira de la CNEA, el SATI había intervenido activamente en diferentes áreas y se habían estudiado más de 500 problemas originados en distintos sectores de la industria metalúrgica. Pequeñas, medianas y grandes empresas así como distintas instituciones del gobierno consultaron al SATI.

Wortman destaca también la creación del INEND, Instituto Nacional de Ensayos No Destructivos, que fue pionero en la Argentina para establecer normas de calificación de soldadores y operadores de ensayos no destructivos y cursos de capacitación que permitieron, por ejemplo en la Central de Embalse, que más de 20.000 toneladas de equipamiento y cañería con requerimientos nucleares fueran montados íntegramente por empresas argentinas, sin requerir supervisión de especialistas extranjeros.



Según Wortman toda esta actividad, producto de la visión de Sabato, probó su extraordinario valor estratégico en la etapa siguiente que encaró la CNEA; que fue el estudio de factibilidad para el llamado a concurso de la primera Central Nuclear de Potencia, Atucha I.

Según Wortman las tareas de asesoramiento y desarrollo del SATI permitieron conocer la capacidad real de la Industria Argentina de aquel entonces. Saber por ejemplo:

- qué espesores de acero se podían soldar
- qué firmas tenían personal entrenado en ciertas técnicas de fabricación
- cuáles eran los hornos disponibles para tratamiento térmico
- quiénes tenían capacidad de diseño de recipientes e intercambiadores
- qué pesos se podían mover y transportar, etc., etc.

Alrededor de 1963 se creó el Comité de Centrales Nucleares, del cual Sabato formó parte. Este Comité estaba presidido por el Presidente de CNEA Oscar Quihillalt.

El Comité dirigió a un grupo de profesionales de la CNEA que encararon los estudios económicos, de ubicación, de ingeniería de reactores, del mercado eléctrico, de seguridad de reactores de potencia, y bajo la influencia de Sabato se decidió estudiar en un capítulo especial la "Posible contribución de la Industria Nacional a la Construcción y Operación de la Central Nuclear Buenos Aires".

Según Wortman, aquí comienza para la Gerencia de Tecnología una etapa fascinante de verdadera transferencia de tecnología al sector industrial.

En esta etapa se prueba que el concepto de "industria industrializante" que Sabato introdujo y defendió, no solamente era correcto sino que se hizo a un costo razonable, muy lejos de otras aventuras, a presupuesto infinito, que encaró el país.

El estudio de la posible contribución nacional abarcó el análisis de cuatro tipos de reactores y para cada uno de ellos la posible participación local en:

- Proyecto y construcción de las obras civiles
- La construcción de componentes electromecánicos tanto para la isla nuclear como para el turbogruppo y las instalaciones auxiliares.

Dentro del conocimiento que se tenía de cada uno de los tipos de reactor, se realizó una investigación con los proveedores locales, de manera que cuando se definió el reactor y el proveedor, este grupo que se había ocupado de la industria nacional pudo negociar con Siemens - que resultó el proveedor de la central - la máxima participación local compatible con la seguridad y los tiempos de construcción programados.

Wortman comenta que para colocar componentes electromecánicos nacionales financiados por Alemania, y para evitar que los contratistas locales hicieran lo que tantas veces hicieron con los sobrepresios, hubo que diseñar un esquema legal que tuviera en cuenta los siguientes factores:

- Hacer cumplir dentro de la realidad técnica de una Central Nuclear la ley de Compre Nacional
- Establecer mecanismos de concurso entre los proveedores alemanes y argentinos
- Poner a los proveedores locales en igualdad de condiciones impositivas que a los exportadores alemanes.

Wortman afirma que ese grupo de ingenieros industriales, economistas y profesionales del SATI tuvo la ayuda inspiradora de Sabato, que comprendió que la tecnología no es únicamente un conjunto de conocimientos técnicos, sino un conjunto de conocimientos de muchas disciplinas cuyo fin último es producir y comercializar los bienes y servicios.

Como consecuencia de la tarea de análisis previo que se había hecho, se elaboró, junto con el contratista ganador del concurso, la lista positiva de suministros nacionales. Estos suministros de origen local mantenían para el comitente - la CNEA - las mismas garantías que tienen los suministros de origen alemán.

Uno de los elementos decisivos en todo el proceso que permitió una importante participación de la Industria Nuclear, fue el grupo científico-técnico responsable del mismo y no sólo porque su creación estaba fundamentada en una filosofía clara, sino también porque hubo continuidad en su trabajo, ya que el mismo grupo actuó en todas las etapas: estudio de factibilidad, análisis y evaluación de las ofertas, redacción del contrato, inspección y seguimiento durante la construcción.

El criterio del Comité de Centrales Nucleares fue priorizar el desarrollo tecnológico por sobre todos los otros factores. Así se seleccionaron para ser construidos localmente, por ejemplo:

- La grúa polar del reactor (en su momento la más grande de América Latina)
- Las bombas de condensado del turbogruppo
- Intercambiadores de calor agua pesada - agua liviana
- Grandes tanques para el sistema de enriquecimiento de agua pesada
- La grúa puente de la sala de máquinas
- El Condensador del turbogruppo (también en su momento el más grande de A. Latina)
- El transformador de arranque
- El transformador de consumo propio, etc., etc.

Resumiendo, Wortman nos dice que finalmente la industria local proveyó 76 ítems de alta tecnología que permitieron incorporar técnicas del más alto nivel en soldadura, ensayos no destructivos, control de calidad, procedimientos de limpieza e inspección, selección de materiales, etc. Figura 35.

Según Wortman, el sobreprecio que se pagó por esta importantísima contribución al progreso de la industria local fue del 3%.



Figura 35.- Atucha I vista en agosto de 1970.

Sabato escribió lo siguiente: “La decisión de que la industria argentina tuviese máxima participación en la construcción de Atucha no fue por cierto casual o coyuntural, sino la consecuencia natural de una política deliberada que la CNEA había seguido desde su fundación y

dirigida fundamentalmente a dotar a la Argentina de capacidad técnico científica, de decisión autónoma en el campo de la energía nuclear y sus aplicaciones”.

“Por tal razón, la acción seguida en Atucha estuvo inscripta en el mismo marco de referencia de otras acciones tomadas anteriormente, como la formación de cuadros y la decisión de fabricar con diseño y tecnología propia los reactores de investigación”.

Luego de la exitosa experiencia de Atucha, un grupo mucho más numeroso de profesionales se ocupó de redactar las bases y condiciones para el llamado a licitación de la segunda Central Nuclear. Pese a que Sabato ya no estaba más en la CNEA, la influencia de su pensamiento sobre la participación de la industria e ingeniería locales en las grandes obras de infraestructura se mantuvo.

## Capítulo 8

### FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

En los años 1959-1960 Sabato cuenta ya con una docena de profesionales que han completado su formación en metalurgia, y han realizado una estadía en el exterior. Esta estadía les ha permitido a dichos profesionales adquirir una especialización, dentro de los diferentes temas de metalurgia, que ahora deben desarrollar en el Departamento de Metalurgia.

Tal como vimos en el capítulo 6, Sabato, a esta altura, ya se ha ocupado del equipamiento y de obtener más espacio, fuera de la SEDE, para ampliar las actividades del Departamento de Metalurgia.

En esa época Sabato obtiene del CONICET un subsidio que le permite tomar becarios, tal como lo mencionamos al comienzo, y es así como ingresa una segunda camada de profesionales. Esta nueva camada comparte una característica con la que ingresó en 1955, y esta es su total ignorancia en metalurgia. Pero la gran diferencia es que ahora Sabato no es el único que conoce sobre el tema, lo acompaña una docena de metalurgistas, recién regresados del exterior, y dispuestos a trabajar en metalurgia. Con ellos como docentes, se organizan cursos de metalurgia, uno en 1959 y otro en 1960, para los profesionales recién llegados. Estos cursos adquieren una duración de unos 9 meses, divididos en módulos de diferentes temas, y sirven como una invaluable experiencia para planear futuros cursos que encarará el Departamento de Metalurgia.

La mayoría de los nuevos profesionales son Licenciados de la Facultad de Ciencias Exactas de la UBA, por lo que 1960 es también el año en el que se comienzan a realizar sistemáticamente tesis de doctorado en el Departamento de Metalurgia. Cuando Sabato deja CNEA se habían completado 55 tesis de doctorado.(16)

La reiteración de cursos de este tipo tiene un límite natural, y es la capacidad de absorción de nuevos profesionales que puede tener el Departamento de Metalurgia o la CNEA en general. Por otro lado Sabato encuentra en estos cursos una herramienta muy útil para el Departamento de Metalurgia. Además ve que, si bien la CNEA tiene una capacidad limitada de asimilación de metalurgistas, tanto en la industria nacional como en Latinoamérica hay una gran escasez de este tipo de profesionales. El problema es que cursos de este tipo, donde el beneficiario principal no es la CNEA, no pueden ser financiados con fondos exclusivos de CNEA.

Sabato recurre a la Organización de Estados Americanos (OEA), al Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA - Viena), a la Agency for International Development (AID - EE.UU.), al Instituto Torcuato Di Tella (Argentina), y a CAFADE (Argentina), y les propone la organización de lo que sería el Primer Curso Panamericano de Metalurgia Nuclear, con la participación de alumnos de Latinoamérica, y con docentes de primer nivel contratados especial-

mente para el curso. La propuesta de Sabato tiene buena recepción, y el curso se realiza en 1962. La Figura 36 muestra el folleto de este primer curso.

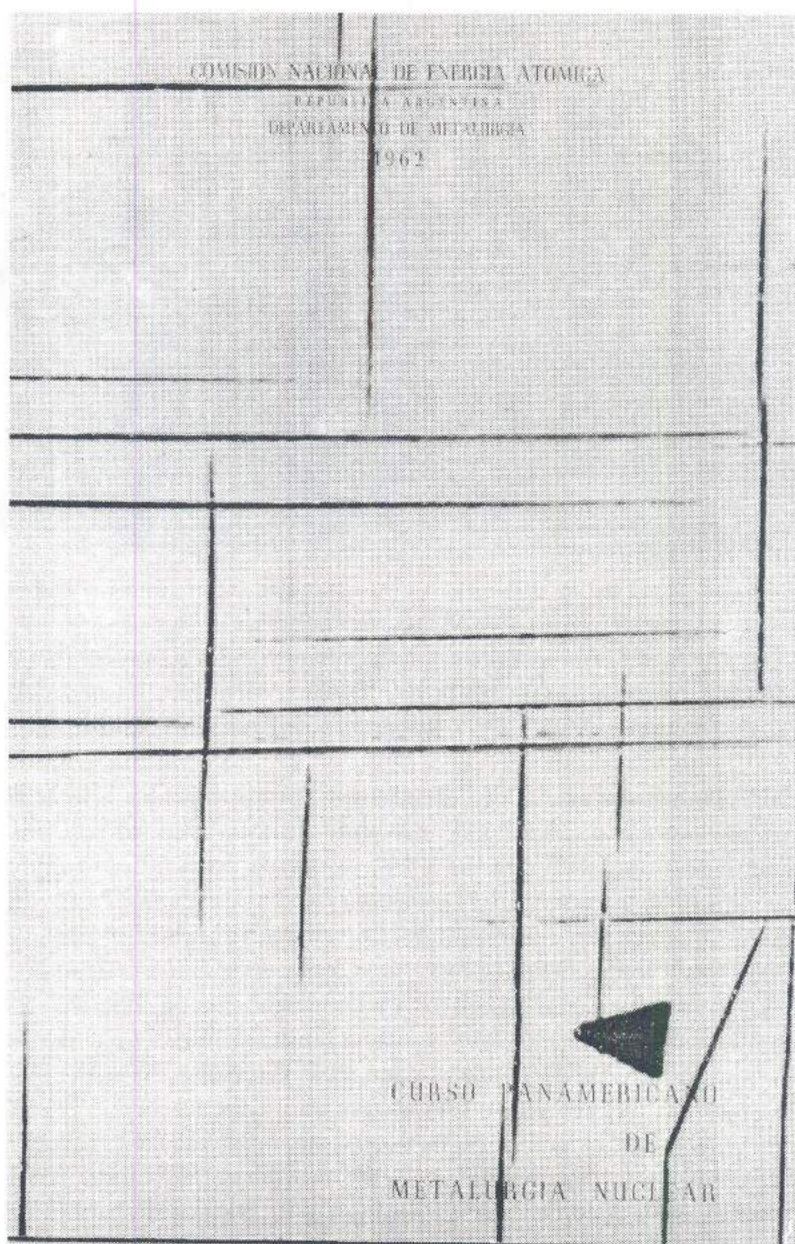


Figura 36.- Folleto del Primer Curso Panamericano de Metalurgia Nuclear, 1962. La imagen muestra figuras de corrosión en un campo martensítico, en un bronce beta.

Hecha la divulgación en Latinoamérica, se presentaron casi un centenar de solicitudes, de las cuales se eligieron 13 alumnos. La Comisión Nacional de Energía Atómica tomó a su cargo la beca de los 3 argentinos del grupo. Los argentinos éramos A. M. Guzmán, del IMAF, J. C. Crespi, de CNEA y yo. El conjunto de alumnos del Primer Curso Panamericano puede verse en la Figura 37.



Figura 38 Alumnos del curso, profesores y oyentes (oy.), de izq. a der.: Prof. O.Sherby, J.R.Galvele (Arg.), X.DaSilva (Bra.), A.M.Guzmán (Arg.), R.Montealegre (Chi.), S. Volman (oy.), J.C.Crespi (Arg.), R.Argeñal (Nic.), F.Póvolo (oy.), E.Valenzuela (Bol.), NN (oy.), M.DeTeresa (Mex.), M.Douyon (Haití), Prof. F.Bolling, NN (oy.), S.Camey (Bra.), E.Plaza (Perú), T.Peniche (Mex.), Dr. C.Libanati (CNEA), M.Aragonés (Mex).

Con el curso Sabato perseguía dos objetivos. El primero era abrir la actividad de metalurgia a nivel latinoamericano. El segundo era atraer especialistas internacionales de primer nivel, cuyo listado vemos en las Figuras 38 y 39, que aparte de dictar el curso le permitía a los investigadores de los diversos grupos del Departamento discutir temas de actualidad relacionados con los trabajos que estaban desarrollando. Las clases teóricas se dictaban por la mañana, y por la tarde los alumnos trabajaban en alguno de los grupos de investigación, por lo que los profesores quedaban libres y a disposición de los investigadores del Departamento Materiales. El curso se complementó con seminarios y visitas a fábricas y centros de investigación.

Recuerdo que Sabato nos decía que el contacto que teníamos con los profesores visitantes, en el par de semanas que duraba su estadía, era muy superior al que tendríamos si fuésemos a trabajar a sus laboratorios por un par de años. Esto nos sonaba algo exagerado, pero tiempo después pude confirmarlo personalmente. Desde octubre de 1964 hasta noviembre de 1966 estuve becado en la Universidad de Cambridge, Inglaterra, trabajando bajo la dirección del Dr. T. P. Hoar, Figura 40, prestigioso especialista en corrosión, de fama internacional.

Un tiempo después, entre el 22 de noviembre y el 6 de diciembre de 1968, invitamos al Dr. Hoar a la Argentina a dictar uno de los módulos del curso. Pese a que Hoar en Cambridge dirigía mi trabajo, y que a sugerencia suya fue presentado para obtener el Ph.D. en la Universidad de Cambridge, en las dos semanas que estuvo en la Argentina tuve más intercambio de ideas e información científica con él que en los dos años que estuve en Cambridge. La razón es simple. En su país el especialista tiene un sinfín de actividades, por lo que no es muy frecuente tenerlo disponible. En cambio, cuando venía a nuestro país, el profesional del Departamento Materiales de tema afín, y que en general era el que había propuesto su venida, se encargaba de

atenderlo, y aún de programar sus actividades para los fines de semana, por lo que el contacto era casi permanente.

## CURSO PANAMERICANO DE METALURGIA NUCLEAR

*Director del Curso* JORGE A. SABATO (CNEA)

*Coordinador* EDGARDO BISOGNI (CNEA)

### *Supervisores*

Ing. H. BILONI

Lic. E. BISOGNI

Lic. L. BOSCHI

Dr. A. CARREA

Lic. J. COLL

Lic. J. C. DI PRIMIO

Ing. C. MARTÍNEZ VIDAL

Dr. J. MAZZA

Ing. A. LEYT

Dr. C. LIBANATI

Dra. N. A. DE LIBANATI

Ing. O. WORTMAN

Del Dpto. de Metalurgia de CNEA

### *Profesores*

El personal docente estuvo integrado por profesores universitarios argentinos y extranjeros especialmente contratados y por investigadores de la Comisión Nacional de Energía Atómica:

Dr. Y. ADDA

Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay (Francia)

Dr. J. M. ALEXANDER

Imperial College de Londres (Inglaterra)

Dr. A. ARANTES

Instituto de Pesquisas Tecnológicas (Brasil)

Dr. T. BLEWITT

Argonne National Laboratory (EE. UU.)

Dr. F. BOLLING

Westinghouse Research Laboratories (EE. UU.)

Dr. L. CORRÊA DA SILVA

Instituto de Pesquisas Tecnológicas (Brasil)

Dr. H. CHISWICK

Argonne National Laboratory (EE. UU.)

Dr. A. GOLDBERG

Instituto de Postgraduados de la Marina de Guerra de EE. UU.

Figura 38.- Listado de organizadores y profesores del curso.

Dr. T. HALPERN	Comisión Nacional de Energía Atómica e Instituto de Física de Bariloche (Argentina)
Dr. NAUM JOEL	Universidad de Chile
Dr. V. KONDIC	University of Birmingham (Inglaterra)
Dr. F. V. LENEL	Rensselaer Polytechnic Institute (EE. UU.)
Dr. T. MASSALSKI	Mellon Institute (EE. UU.)
Dr. D. MILNER	University of Birmingham (Inglaterra)
Dr. R. ORIANI	United States Steel Research Laboratories (EE. UU.)
Dr. H. POLAKOWSKI	Illinois Institute of Technology (EE. UU.)
Dr. E. I. SALKOVITZ	Office of Naval Research (EE. UU.)
Dr. G. SCHOECK	Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Argentina)
Dr. O. SHERBY	Stanford University (EE. UU.)
Dr. J. WISTREICH	British Iron and Steel Research Association (Inglaterra)
Dr. J. WITTKÉ	Universidad de Chile



Figura 39.- Continuación del listado de profesores del curso.



Figura 40.- Dr. Thomas P. Hoar, corrosionista inglés de renombre internacional, que nos visitó en 1968.

El curso de 1962 fue muy provechoso, tanto por los contactos que se establecieron con los diferentes países latinoamericanos, como por el beneficio adicional de contar con la presencia de un importante grupo de especialistas, que enriquecieron las actividades del Departamento de Metalurgia. Visto el éxito, Sabato encaró la organización de un Segundo Curso de Metalurgia Nuclear, que se concretó en 1965. En la Figura 41 vemos el acto inaugural del curso. El que está hablando es el Ing. Báncora, Director de CNEA, lo acompaña Sabato. En la Figura 42 vemos a los alumnos del segundo curso, junto con el Prof. M. Englander, de la Comisión de Energía Atómica de Francia, y el Prof. Frank Foote, del Argonne National Laboratory, de EE.UU. De F. Foote ya habíamos hablado al describir la inauguración de los nuevos laboratorios de Metalurgia, en 1960. El Dr. Foote participó como docente en varios Cursos Panamericanos, cubriendo el tema de Elementos Combustibles. En cuanto a los alumnos, la lista completa de todos los alumnos de los Cursos Panamericanos de Metalurgia puede verse en el Anexo I.(17)



Figura 41.- Acto inaugural, en 1965, del 2do. CPMN. Habla el Ing. Báncora, director de CNEA, lo acompaña en el estrado Jorge Sabato.





Figura 42.- Alumnos del 2do. CPMN, junto con los profesores M. Englander y F. Foote.

En 1967 se organiza el Tercer Curso Panamericano de Metalurgia, el cual se repetirá en adelante en forma anual. En la Figura 43 vemos al Dr. R. Cahn dictando clase en el 3er. CPM. En la Figura 44 nos encontramos con el Dr. A. Guinier, autor de la teoría de las zonas GP, que explican el mecanismo por el cual se endurecen por tratamiento térmico ciertas aleaciones de gran valor práctico. El Dr. Guinier participó en un par de cursos, y uno de sus discípulos, el Dr. Bonfiglioli, formó un importante grupo de investigación en el Departamento de Metalurgia. En la Figura 45 vemos a los alumnos del 3er. CPM junto a Sabato y al Dr. Correa da Silva, destacado metalurgista brasileño.

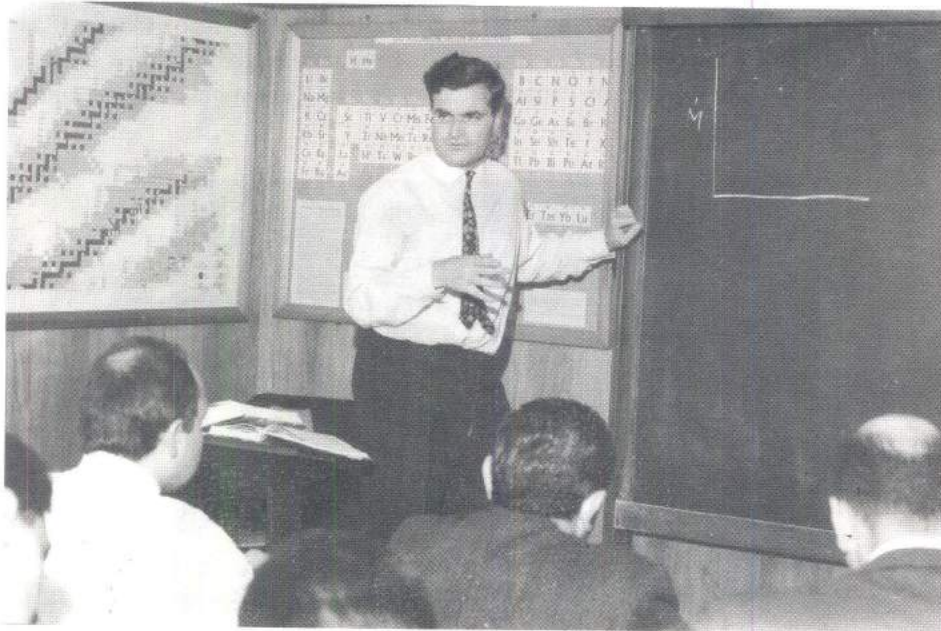


Figura 43.- El profesor Robert Cahn dando clase en el 3er. CPM, en 1967.

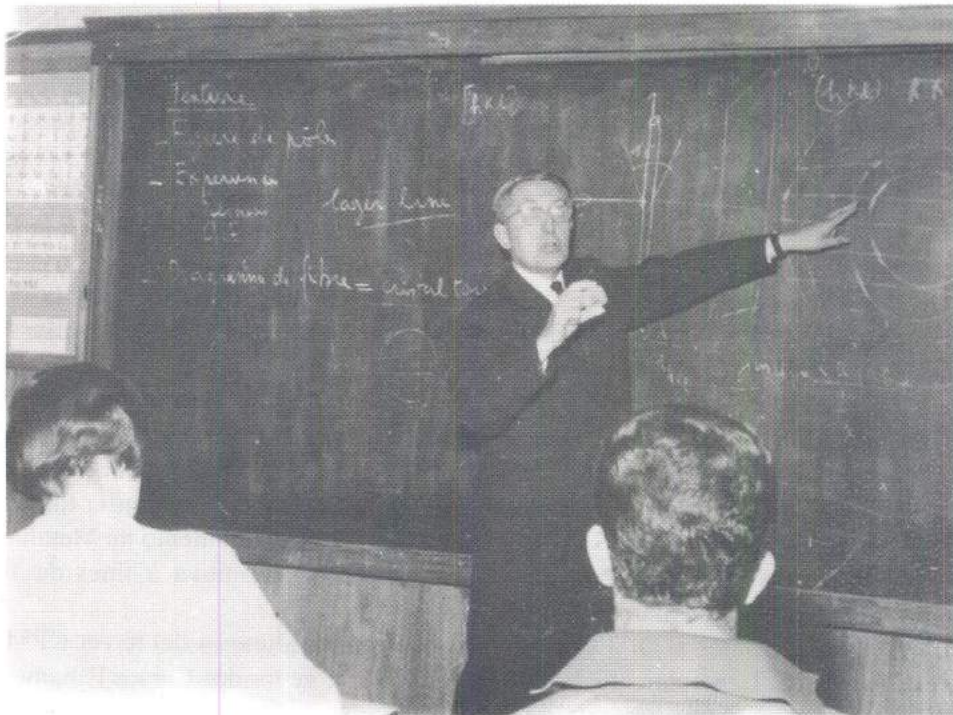


Figura 44.- El profesor Guinier dando clase en el 3er. CPM. en 1967.



Figura 45.- Alumnos del 3er. CPM junto a Sabato y al profesor brasileño, Dr. Correa da Silva.

Entre el 12 y el 14 de abril de 1967 se realizó, en Punta del Este, una reunión de los Jefes de los Estados Americanos.(17) La misma dio lugar a la llamada Declaración de los Presidentes de América, donde en el punto V se puntualiza: *"Latinoamérica se incorporará a los beneficios del progreso científico y tecnológico de nuestra época para disminuir, así, la creciente diferencia que la separa de los países altamente industrializados en relación con sus técnicas de producción y sus condiciones de vida. Se formularán o se aplicarán programas nacionales de Ciencia y Tecnología y se pondrá en marcha un Programa Regional dedicado a la Ciencia y la Tecnología."*

Para llevar adelante esta política se plantearon dos alternativas. Una era la de crear Grandes Centros Multinacionales, y la otra, propiciada por Sabato, era la de desarrollar Programas Multinacionales. Esta última fue la que prevaleció.

Para llevar adelante esta iniciativa la O.E.A., en mayo de 1967 designó un comité de 13 expertos, presidido por el Dr. Bernardo Houssay, para hacer un inventario de Centros que tenían capacidad para dirigir Programas Multinacionales. El Departamento de Metalurgia fue clasificado como un Centro de Excelencia, y el Programa Multinacional de Metalurgia fue el único, entre 17 proyectos, que tenía un único Centro Sede, que era el Departamento de Metalurgia. El Programa Multinacional de Metalurgia recibió la aprobación definitiva a fines de 1968, y comenzó a funcionar el 1o. de marzo de 1969.

En la Figura 46 vemos al Dr. Bernardo Houssay con los alumnos del tercer CPM, en su visita de evaluación del Departamento de Metalurgia. El éxito de los dos Cursos Panamericanos anteriores, sumado al nivel que habían alcanzado los diversos grupos de investigación del Departamento, seguramente influyó en la calificación altamente positiva que recibió el Departamento de Metalurgia.



Figura 46.- El Dr. Bernardo Houssay con los alumnos del tercer CPM, en su visita de evaluación del Departamento de Metalurgia, en 1967.

En 1968 se realiza el cuarto Curso Panamericano de Metalurgia, Figura 47, y en 1969 el quinto Curso Panamericano de Metalurgia, Figura 48.



Figura 47.- Alumnos del 4o.CPM, en 1968.



Figura 48.- Alumnos del 5o. CPM, en 1969.

También en 1969 Sabato organiza una reunión de los egresados de los cuatro primeros Cursos Panamericanos de Metalurgia, Figuras 49 y 50. En la misma los egresados cuentan sus experiencias luego de terminado el Curso Panamericano. Los egresados latinoamericanos, en su mayoría, al retornar a sus países continuaron trabajando en metalurgia, algunos de ellos en laboratorios universitarios y otros en la industria.



Figura 49.- Sabato inaugurando la reunión de egresados de los CPM, en 1969.



Figura 50.- Asistentes a la reunión de egresados de los CPM, en 1969.

A fines de enero de 1970 Sabato nos reúne a los que en ese momento éramos los “senior” del Departamento de Metalurgia. El objetivo de las reuniones que inicia en ese momento, era establecer el plan de acción para el Departamento para la década que se iniciaba. En materia de Cursos Panamericanos, la reunión de egresados había demostrado que en los países latinoamericanos se estaba reuniendo una masa crítica para organizar Cursos equivalentes a los nuestros, y que no tenía sentido entrar en competencia con los mismos. Por lo que se resolvió seguir con los Cursos Panamericanos, que ahora estaban patrocinados por la OEA, hasta el décimo Curso Panamericano de Metalurgia. Ofrecer a los países que lo desearan, continuar con dichos cursos. Así es como el onceavo Curso Panamericano de Metalurgia se realizó en 1975, en México.

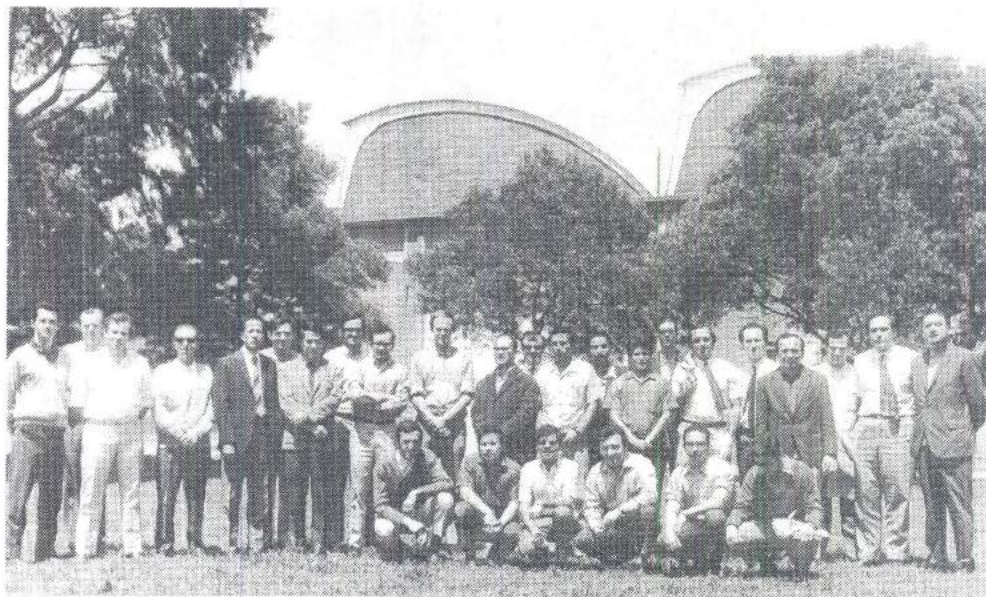


Figura 51.- Alumnos del 6o. CPM, en 1970.

La Figura 51 muestra a los alumnos del 6o. CPM, en 1970. La Figura 52.- Muestra a los alumnos del 7o. CPM, en 1971. La Figura 53.- Muestra a los alumnos del 8o. CPM, en 1972. La Figura 54.- Muestra a los alumnos del 9o. CPM, en 1973; y la Figura 55.- Muestra a los alumnos del 10o. CPM, en 1974, último CPM dictado en Argentina. De los Cursos Panamericanos de Metalurgia dictados en Argentina egresaron un total de 190 alumnos, de los cuales 80 eran argentinos y 110 latinoamericanos.



Figura 52.- Alumnos del 7o. CPM, en 1971.



Figura 53.- Alumnos del 8o. CPM, en 1972.



Figura 54.- Alumnos del 9o. CPM, en 1973.



Figura 55.- Alumnos del 10o. CPM, en 1974.

En 1975 no se dictó ningún curso del tipo CPM en Argentina, pero el desarrollo del plan nuclear mostró que era necesario contar con este tipo de cursos para entrenar al personal que estaba tomando CNEA, por ello en 1976 se reinician estos cursos, con docentes locales y con el nombre de Cursos de Entrenamiento Avanzado en Metalurgia, de los cuales se realizaron 5, entre 1976 y 1980. La Figura 56 muestra el acto de clausura del CEAM de 1979, y en la Figura 57 vemos a parte de los participantes del mismo. Luego pasaron a llamarse Cursos de Metalurgia y Tecnología de Materiales, de los cuales se dictaron 13, entre 1981 y 1993. La Figura 58 muestra el acto de clausura del CMTM de 1987, y a la Dra. Emma Pérez Ferreira, Presidenta de CNEA, entregando los diplomas. En la Figura 59 vemos a de los participantes del curso. Es interesante destacar que, pese a que el CPM se había trasladado a otro país, siempre hubo estudiantes latinoamericanos que prefirieron asistir al curso de CNEA.



Figura 56.- Acto de clausura del CEAM de 1979.





Figura 57.- Participantes del CEAM de 1979.



Figura 58.- Acto de clausura del CMTM de 1987, la Dra. Emma Pérez Ferreira, Presidenta de CNEA, hace entrega de los diplomas.



Figura 59.- Participantes del CMTM de 1987.

Del total de los cursos, en 1993 habían egresado unos 530 alumnos. Además de los alumnos, fue creciendo el número de componentes de cada grupo de investigación. En 1955 Sabato partió de cero, pero ya en 1968 vemos, en ocasión de la despedida de Mazza, Figura 60 y Figura 61, que el número de participantes había crecido considerablemente.



Figura 60.- Despedida de Mazza, en 1968, cabecera de la mesa.



Figura 61.- Despedida de Mazza, en 1968, vista de los asistentes.

En 1971, cuando Sabato renuncia a la Gerencia de Tecnología, la misma incluía los Departamentos de Metalurgia, de Elementos Combustibles y SATI. En ese momento la Gerencia contaba con 154 profesionales, 62 técnicos y 36 administrativos y operarios.

Tal como lo mencionamos anteriormente, el Programa Multinacional de Metalurgia comenzó a funcionar en 1969. El mismo tomó a su cargo los Cursos Panamericanos de Metalurgia, y representó además una contribución muy importante para las actividades de investigación del Departamento de Metalurgia. Gracias al PMM se realizaron numerosos seminarios de especialización, de dos meses de duración y cubriendo todas las especialidades de metalurgia. Se doctoraron más de 20 profesionales latinoamericanos, Figura 61 y Figura 62, se compró equipamiento moderno, se recibieron numerosos expertos extranjeros, y se dictaron numerosos cursos en diferentes países de Latinoamérica.



Figura 62.- Ing. Rafael Bolívar Grimaldos, de Colombia.

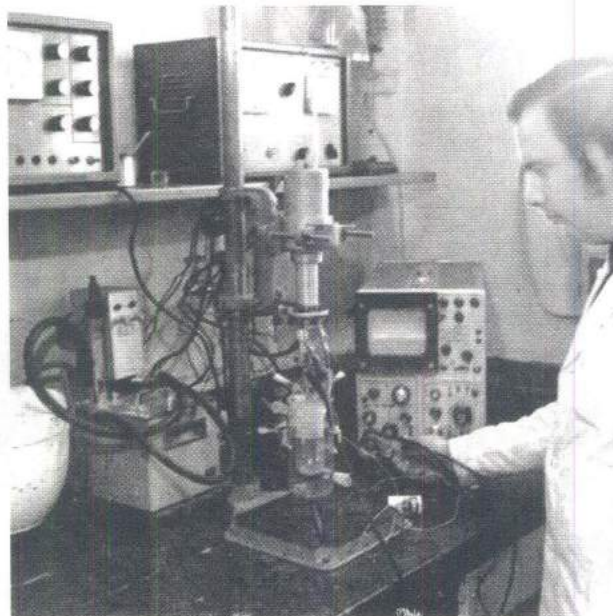


Figura 63.- Lic. Ignacio Gardiazabal, de Chile.

## Capítulo 9 LOGROS TECNOLÓGICOS

Un resumen de los logros tecnológicos resultantes de la actividad de Sabato en CNEA puede verse en el artículo publicado por Sabato en el Journal of Nuclear Materials de 1981.(16) La información recolectada por el SATI permitió una participación importante de la industria nacional en Atucha, Figura 64. Además, el trabajo realizado en Metalurgia permitió fabricar los prototipos de los elementos combustibles para el reactor de potencia, Figura 65, y preparar una planta piloto para fabricar estos elementos, Figura 66, la que llevó finalmente a la creación de la fábrica de elementos combustibles, Figura 67.



Figura 64.- Central Nuclear Atucha I y II



**PRIMER ELEMENTO COMBUSTIBLE NUCLEAR  
DE POTENCIA, FABRICADO EN LA ARGENTINA  
DICIEMBRE DE 1970  
IRRADIADO EXITOSAMENTE EN KARLSRUHE**

Figura 65.- Primer elemento combustible de potencia fabricado en Argentina e irradiado exitosamente en Alemania.



Figura 66.- Planta piloto de elementos combustibles de potencia.



Figura 67.- Fábricas de elementos combustibles y de aleaciones especiales, en Ezeiza.

La política de Sabato se fundaba en que la CNEA debía hacer los desarrollos, pero que las tareas de producción debían quedar en manos de la Industria Nacional.

Mencionamos ya que a fines de enero de 1970 Sabato nos convoca a los "senior" de la Gerencia de Tecnología para planificar las actividades futuras. En la reunión del 21 de marzo Sabato nos informa que a partir del 1º de junio se toma una licencia por un año. Las razones las podemos intuir en el reportaje que le hace Brascó para la revista Status. (18)

"Status: ... y ... que condujo a la instalación de Atucha.

Jorge Sabato: ... La central Atucha es sólo el aspecto más visible... Más importante ... fue ... el haber afianzado en el país ... la metalurgia como disciplina académica. Yo calculo que en esos años entrenamos en la Comisión a más de seiscientos técnicos, no sólo argentinos sino de una docena de países latinoamericanos, ... Esa fue una fuente de satisfacción para mí durante años. Hasta que me empecé a cansar y dejé la Comisión. Ese es mi "trade-on".

**Status: ¿Su talón de Aquiles?**

**Jorge Sabato:** Debo tener varios pero éste es el que mejor conozco. Cuando domino

bien alguna cosa empieza a aburrirme. Tengo la sensación de que estoy actuando como un burócrata, sin creatividad, y esa situación existencial llega a resultarme insoportable. Entonces dejo todo. No soy candidato a hacer carrera.”

Si recordamos lo que tenía Sabato en CNEA en 1955, y lo que dejó al irse vemos que la tarea realizada es impresionante.

Fuera de CNEA Sabato desarrolla una actividad muy intensa. Por un breve período, desde del 5 de octubre de 1970 hasta el 22 de julio de 1971, Sabato se desempeña como Presidente de SEGBA, Figura 68. Trata de aplicar allí la experiencia adquirida en CNEA, pero encuentra serias trabas, debido a los muchos intereses creados. Sus observaciones las resume en una interesante publicación, Figura 69.



Figura 68.- Sabato Presidente de SEGBA.

Su principal interés, de ahí en más, es determinar los mecanismos por los cuales se puede desarrollar tecnología en países como el nuestro. Publica intensamente sobre el tema, Figura 70, realizando contribuciones que tienen muy buena recepción a nivel internacional. No es indiferente a los problemas del país a partir del 76, tal como lo muestran sus artículos de Ensayos con Humor. Podía haber contribuido muy positivamente con el retorno de la democracia, pero lamentablemente deja de existir el 16 de noviembre de 1983.

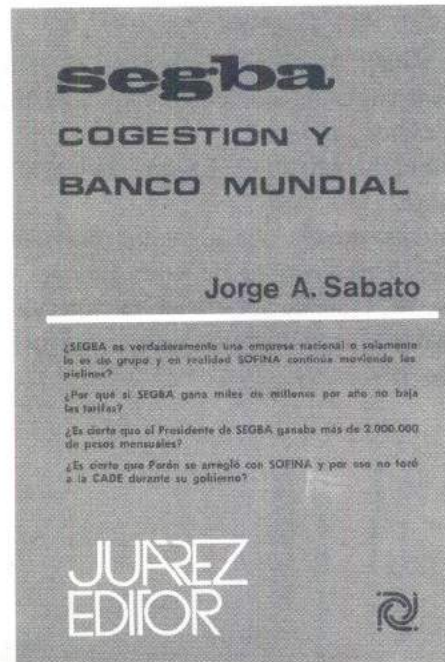


Figura 69.- Informe de Sabato sobre SI GBA.



Figura 70.- La producción de tecnología.

## Capítulo 10 INSTITUTO SABATO

El 16 de noviembre de 1993, justo a los 10 años de la desaparición de Sabato, se firma entre la CNEA y la UNSAM un convenio de creación de un Instituto de Tecnología. Es deseo explícito de ambas partes lograr que el mismo lleve el nombre del Profesor Jorge A. Sabato. Finalmente este deseo se concreta en 1996, Figura 71.



Figura 71.- Nominación del Instituto Sabato.

A fines de Julio del 2000 tenemos la primera promoción de Ingenieros en Materiales del Instituto Sabato. Figura 72.



Figura 72.- Primera promoción de Ingenieros en Materiales del Instituto Sabato, julio del 2000.



Al cumplirse el 10o aniversario del Instituto Sabato, para que nos hablara de Sabato, contamos con la presencia del Profesor Alberto Maiztegui, Figura 73, quien, como ya vimos, en 1951 fue coautor con Sabato de un libro que se transformó en un clásico de la enseñanza moderna de la Física para el nivel secundario.



Figura 73.- Profesor Alberto Maiztegui en el 10o aniversario del Instituto Sabato.

## EPÍLOGO

¿Qué pasó con esto que mencionamos al principio?:

**“... y no como esos locos de CNEA que quieren hacer Metalurgia al mejor nivel mundial ...”**

El docente anónimo evidentemente no sabía de qué estaba hablando. No sólo se había realizado Metalurgia al mejor nivel mundial, como lo atestiguan las numerosas publicaciones internacionales de las diversas disciplinas desarrolladas en la Gerencia de Tecnología, sino que la publicación internacional más importante en el tema, el Journal of Nuclear Materials, dedicó un número especial a trabajos realizados en la Argentina, Figura 74.

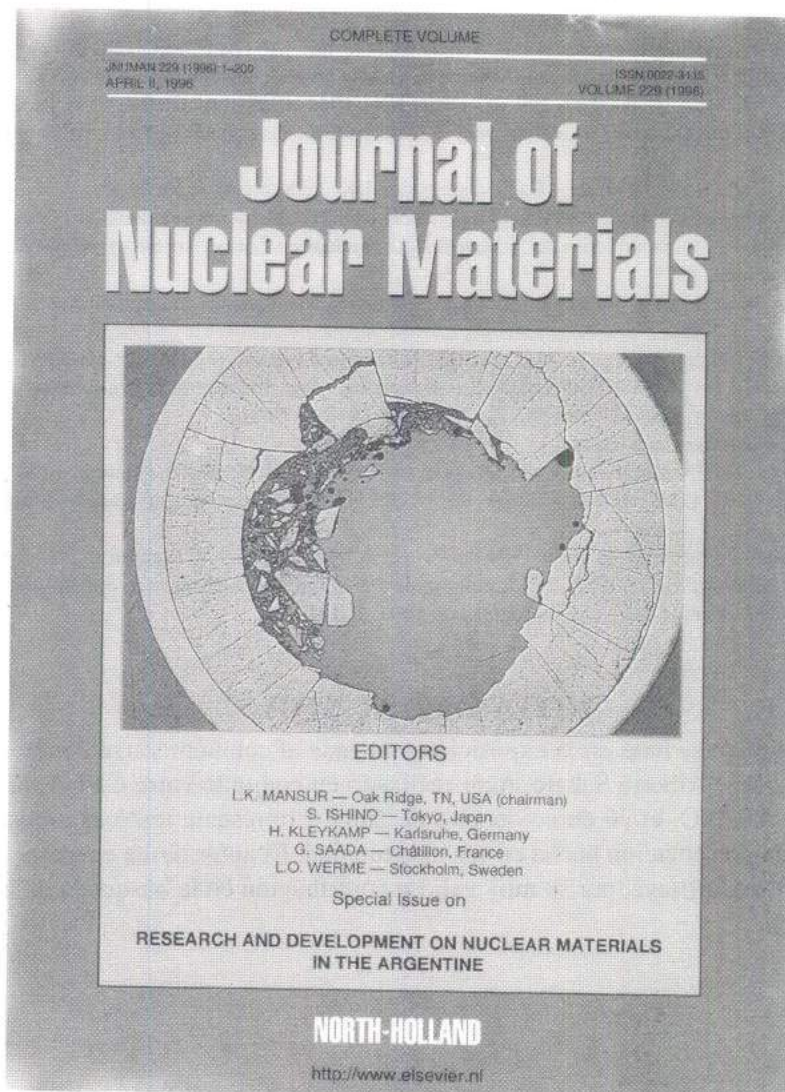


Figura 74 - Número especial del J. of Nuclear Materials.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1)- R.D. Baker, S.S. Hecker, D.R. Harbur, PLUTONIUM, A WARTIME NIGHTMARE BUT A METALLURGIST'S DREAM. En: LOS ALAMOS SCIENCE, Winter/Spring 1983, 142-151.
- 2)- S.S. Hecker, D.R. Harbur, T.G. Zocco, PHASE STABILITY AND PHASE TRANSFORMATIONS IN Pu-Ga ALLOYS. En: Prog. Materials Science, 49 (2004) 429-485.
- 3)- A. Correa, La pasión según los SABATO. En: TODO ES HISTORIA. No. 305. Diciembre de 1992. p. 85-94.
- 4)- Ernesto Sabato. UN RECUERDO PARA EL MAN. En: Revista ARBOR: Ciencia, Pensamiento y Cultura - Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España. -Tomo CXLVI, N° 575, pp.11-13, Noviembre de 1993 (dedicado a la "Memoria de Jorge Sabato").
- 5)- Héctor Ciapuscio. JORGE SABATO. UNA PASIÓN NACIONAL. En: Revista ARBOR: Ciencia, Pensamiento y Cultura - Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España. -Tomo CXLVI, N° 575. pp.77-116. Noviembre de 1993 (dedicado a la "Memoria de Jorge Sabato").
- 6)- Editor de Recursos Humanos entrevista a Sabato. Publicado en "SIDERURGIA LATINO-AMERICANA". Santiago de Chile. N° 273. (1983): 60-62.
- 7)-Horacio Destailhats. Comunicación privada.
- 8)- A.J. Phillips. The Separation of Gases from Molten Metals. En: METALS TECHNOLOGY. Vol. 14. N° 4. Technical Publication No. 2208. The American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, N.Y., June 1947.
- 9)- Jorge A. Sabato. LA METALOGÍA EN EL DECENIO 1944-1954. En: CIENCIA E INVESTIGACIÓN (Revista patrocinada por la Asociación Argentina para el Desarrollo de las Ciencias) Tomo 10, Número 12 (1954): 529-534.
- 10)- Robert W. Cahn. Carta a Carlos García Blaya, Cambridge,UK, 17 September 2003.
- 11)- E. Forlerer y T. Palacios (Eds.), En: CAC - RA-1 1958-1998, (Publicación realizada al conmemorarse el 40 aniversario de la puesta en funcionamiento del primer reactor nuclear en Latino América), Comisión Nacional de Energía Atómica. Argentina. 1998.
- 12)- Jorge A. Sabato. Quince años de metalurgia en la Comisión Nacional de Energía Atómica. En: CIENCIA NUEVA. No. 15. 1972. p. 7-15.
- 13)- Jorge E. Kittl, R.E. Machado, Jorge A. Mazza, Jorge A. Sabato e Ignacio Silbert, ELABORACIÓN DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES TIPO ARGONAUT. En: Proceedings 2nd. International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy IAEA, Geneve -Session E-17 P/1585 (1958): 109-205.
- 14)- Ver: <http://www.materiales-sam.org.ar>.
- 15)- Oscar Wortman en: SABATO en CNEA. (L. Quesada (Ed.)), CNEA-UNSAM, Argentina. 1996. pp. 25-32.
- 16)- Jorge A. Sabato. NUCLEAR METALLURGY IN ARGENTINA. En: Journal of Nuclear Materials vol. 100 (1981) 137-138.
- 17)- H. Biloni. Resumen de Actividades 1969-1974 del Proyecto Multinacional de Metalurgia, OEA-CNEA.
- 18)- Miguel Brascó, Reportaje en STATUS. N°13, octubre de 1978; reproducido en: J. A. Sabato. ENSAYOS CON HUMOR. Ediciones de la Urraca S.A., Bs.As. febrero de 1983. p. 121.

## NOTA DEL AUTOR

El presente texto se basa en la exposición realizada al conmemorarse 25 años del fallecimiento del Prof. Jorge Alberto Sabato. Acto realizado en conjunto entre CNEA, la UNSAM y el INSTITUTO SABATO, el 20 de noviembre de 2008. El presente texto es un complemento documentado de la presentación hecha en esa oportunidad. El autor desea expresar su agradecimiento a Carlos García Blaya, por su muy valiosa contribución en la búsqueda de información documentada.

## ANEXO 1

## Alumnos Egresados de los 10 Cursos Panamericanos de Metalurgia

## Primer Curso Panamericano de Metalurgia - 1962

*Alumno*

ARAGONES APODACA, Manuel  
ARGENAL ARAUZ, Rogger  
CAMEY, Seigou  
CRESPI, Juan Carlos  
DA SILVA XIMENES, Alejandro  
DE TERESA Y CARRAL, Marcos  
DOUYON, Michel  
GALVELE, José Rodolfo  
GUZMAN, Alberto M.  
MONTEALEGRE, Raúl  
PENICHE, Tomás  
PLAZA MEYER, Elías  
VALENZUELA, Eduardo

*País*

México  
Nicaragua  
México  
Argentina  
Brasil  
México  
Haití  
Argentina  
Argentina  
Chile  
México  
Perú  
Bolivia

## Segundo Curso Panamericano de Metalurgia - 1965

*Alumno*

ANDRADE, Mendelsson  
BAUTISTA VESGA, Jorge  
BERTING, Frances Mary  
DE CAMPOS FILHO, Mauricio Prates  
DIAZ HERNANDEZ, Yebrayl  
GASCA NERI, Rogelio  
MARSHALL, GAYLORD, Albert  
METZGER, Idel  
PECINA MORENO, Alberto  
PEREZ, Edmundo  
SAMAME LEON, Rogger A.  
URQUIDI MOORE, Marcelo

*País*

Brasil  
Colombia  
EE.UU.  
Brasil  
Colombia  
México  
EE.UU.  
Brasil  
México  
Argentina  
Perú  
Bolivia

## Tercer Curso Panamericano de Metalurgia - 1967

*Alumno*

BRAUN BIDAU, Luis Eduardo  
CALP, Nora Viviana  
CÁMMISA, Mario Leoncio  
CIRIMELLO, Roberto Omar  
DE CASTRO, Orlando Euler  
DURAN GARCIA, Carlos Tulio  
FONTANA SALEME, Juan Elías  
LENTA, Elvío José  
LINDOW, Alberto Héctor  
MAZER, Eduardo Guillermo  
MEDINA BELTRAN, Oscar Manuel  
READ, Thomas Lawrence  
ROSCH CABRIGNAC, Luis Gustavo  
WYSZLAWSKI, Carlos Antonio

*País*

Argentina  
Argentina  
Argentina  
Argentina  
Brasil  
Colombia  
Argentina  
Argentina  
Argentina  
Argentina  
Perú  
EE.UU.  
Chile  
Argentina

## Cuarto Curso Panamericano de Metalurgia - 1968

*Alumno*

ALBUJA SALAZAR, René  
BARRIENTOS GONZALEZ, Alfonso  
BAUMANN, Enrique Antonio  
BRACONI ANDREIS, Héctor Fernando

*País*

Ecuador  
México  
Argentina  
Argentina

CALVO RODRIGUEZ, Celso  
 GOMES, Samuel Irati Novaes  
 GUTIERREZ, Ricardo Daniel  
 HERRERO, Oscar Delmo  
 LECEA FERNANDEZ, José  
 LERCH, Carlos José  
 LOZANO DELGADILLO, Luis Francisco  
 MUÑOZ CARDOZA, Carlos  
 NICHU CUICAPUSA, Pablo Alfredo  
 OVEJERO GARCIA, José Victorio  
 PAGNANO, Carlos A. Guimaraes  
 ROLDAN, Jorge Guillermo  
 VARGAS RANGEL, Rafael

España  
 Brasil  
 Argentina  
 Argentina  
 Chile  
 Argentina  
 Colombia  
 Chile  
 Perú  
 Argentina  
 Brasil  
 Argentina  
 Colombia

Quinto Curso Panamericano de Metalurgia - 1969

*Alumno*

BADINO, Néstor Santiago  
 BALZARETTI, Daniel Eduardo  
 BRAGHIROLI REGGIANI, Clara  
 CASTELLA, Amílcar  
 CENCIG, Mario Oscar  
 DE GRANDE, Abel  
 DE VEDIA, Luis Alberto  
 DI BELLA, Domingo Antonio  
 GIORSETTI, Domingo Ricardo  
 GRIBAUDO, Luis María José  
 JAIMES PALACIOS, Samuel Darío  
 MENDEZ ARANDA, Luis Eduardo  
 OLEZZA, Raúl Luis  
 POZO CAMARGO, Enrique  
 QUINTO LEUDO, Mercylino  
 RANWEZ, Juan Luis Gustavo  
 RIVELIS, Alexander Franklin  
 RUGE TELLEZ, José Eliades  
 RUGGERI, Italo Mateo  
 SEPULVEDA ACHARAN, Carlos  
 TORRES ESCOBAR, María Margarita  
 UCEDA HERRERA, Diógenes  
 VELO, Luis Andrés  
 VITERI MOSQUERA, Antonio

*País*

Argentina  
 Argentina  
 Chile  
 Argentina  
 Argentina  
 Argentina  
 Argentina  
 Argentina  
 Argentina  
 Argentina  
 Colombia  
 Colombia  
 Argentina  
 Bolivia  
 Colombia  
 Argentina  
 Argentina  
 Colombia  
 Argentina  
 Chile  
 El Salvador  
 Perú  
 Argentina  
 Ecuador

Sexto Curso Panamericano de Metalurgia - 1970

*Alumno*

ALVAREZ, Marta Graciela  
 ARJONA ESPINAL, Eliseo Papías  
 BENITEZ TAVERA, Reynaldo  
 BOLIVAR GRIMALDOS, Mario  
 BULFON, Héctor Marcelo  
 CARDENAS GARCIA, Cesar  
 DE ANDRADE, Tarciso Pacifico Homem  
 DOS SANTOS, Walter  
 GONZALEZ, Rolando José  
 HESS, Rodolfo Alberto  
 JATEM VILLA, Julián S.  
 LEON BARAGANO, León Constantino  
 MALDONADO, Carlos Luis  
 MATUTE ZUÑIGA, Miguel Ángel  
 NAGY, Eduardo Jorge

*País*

Argentina  
 Rep. Dominicana  
 Colombia  
 Colombia  
 Argentina  
 Colombia  
 Brasil  
 Brasil  
 Argentina  
 Argentina  
 Venezuela  
 Chile  
 Argentina  
 Honduras  
 Argentina

NOGUERA ROJAS, Francisco	Argentina
PAGANI, Miguel Angel	Argentina
PALACIOS, Tulio Alfredo	Argentina
PIRES, Roberto Coelho	Brasil
SANCHEZ LOZANO, Alfonso	México
SCAGNETTI, Hugo Jorge	Argentina
VIDAL SERRANO, José Luis	Venezuela
VILLEGAS IBAÑEZ, Oscar	Bolivia
VOLPI, Ricardo María	Argentina

Séptimo Curso Panamericano de Metalurgia - 1971

*Alumno*

ABRIATA, Mario Raúl	<i>País</i> Argentina
BELINCO, Lázaro	Argentina
BELISARIO, Julio César	Venezuela
BOLIVAR GRIMALDOS, Adolfo	Colombia
D'AMICO NETO, José	Brasil
DE CASTRO, Manoel Almeida Couto	Brasil
ESPEJO, Héctor	Argentina
GEDDO, Alberto Angel	Argentina
JUAREZ ELISSETCHE, Jorge A.	Argentina
LANDEYRO, Pedro Adolfo	Argentina
LOTANO, Héctor Antonio	Argentina
MADRID VILLALOBOS, Juan	Venezuela
MARQUEZ, Mario Daniel	Argentina
MESONES BALLIVIAN, Luis	Perú
MONTAÑO CALDEDRON, Raúl	Bolivia
ORTEGA TORAL, José	Brasil
PAJARES BRONES, Wilfredo	Perú
PRIETO RONDON, César A.	Venezuela
REYES TASTETS, Luis Alberto	Chile
RODRIGUEZ CALDERA, Carlos A.	México
RODRIGUEZ MILLA, César A.	Honduras
RUGGIERO, Carlos Eduardo	Argentina
SANTINELLI, Danilo Hugo	Argentina
SIERRA HARTMANN, Apolinar	Colombia
TORRES VALENCIA, Alberto Juan F.	Ecuador

Octavo Curso Panamericano de Metalurgia - 1972

*Alumno*

ALCANTARA, Miguel Angel	<i>País</i> México
CALDERON TAPIA, Florencio	Perú
CASARIO, José Alberto	Argentina
DELFINO, José Pedro	Argentina
MENDEZ DE SOUZA, Luzan	Brasil
DUTARI, Luis Enrique	Argentina
FERREYRA, Eduardo C.	Argentina
GIADANES, Rubén	Argentina
HERRERA VAZQUEZ, Andrés	México
KAEFFER, Roberto	Argentina
LOPEZ, Raúl	Argentina
MAINI MACOC, Cristián	Argentina
MEDINELLI BERISSO, Roberto	Chile
MEZZABOLTA, Enrique	Argentina
MONTES DE OCA ENDARA, Savino	Bolivia
MOSQUERA MOSQUERA, Héctor	Colombia
MULLERS FRIEDEBORN, Bernardo	Chile
PEREZ FLORES, Cesáreo	México

PREATONI, Daniel Eduardo	Argentina
PRILUTZKY, Héctor T.	Argentina
QUINLAN CORTEZ, Carlos A.	Chile
SERRANO VALAREZO, Omar A.	Ecuador
SOSA, Segundo Elpidio	Argentina
TORRES RAMIREZ, Reynaldo	Colombia
TOSCANO, Enrique H.	Argentina

## Noveno Curso Panamericano de Metalurgia - 1973

*Alumno*

AGUILAR RIVAS, Roberto A.	<i>País</i> Guatemala
ALMEIDA SANCHEZ, Alvaro G.	Colombia
BALAREZO FERNANDEZ, Waldo E.	Perú
BARBOSA, Luiz Carlos	Brasil
CISNEROS OYOLA, Jorge I.	Perú
ESPINOSA BUCHELI, Ruben A.	Ecuador
FERNANDEZ, Luis	Argentina
GARDIAZABAL IRAZABAL, Juan Ignacio	Chile
GUTIERREZ PULIDO, Alba L.	Colombia
LOREDO MURPHY, Jorge R.	México
LURIA, Pedro Luis	Argentina
MEDEIROS PASSOS, Servio R.	Brasil
PINEDA ROJAS, Raúl	México
RODRIGUEZ CALDERA, Humberto	México
SANCHEZ GONZALEZ, René H.	Bolivia
SOLARI, Mario J. A.	Argentina
VILLEGAS IBÁÑEZ, Jaime C.	Bolivia

## Décimo Curso Panamericano de Metalurgia - 1974

*Alumno*

BAYA BRANDT, Gustavo	<i>País</i> Argentina
CABOT, Jesús	Argentina
CONDE, Raúl Horacio	Argentina
GONZALEZ BARRANTES, José Luis Carlos	Costa Rica
GOMEZ CORONADO, Antonio Mario	Colombia
GUZMAN, Luis Alberto	Bolivia
HAUCK, Gustavo Acácio Correa	Brasil
HUAMAN LADERA, Ulises	Perú
JARAMILLO JARAMILLO, Jorge Enrique	Ecuador
JUSTUS, Francisco Joaquín Wilebaldo	Argentina
LITVAK, José	Argentina
MONTI, Ana María	Argentina
PÉREZ, Teresa Estela	Argentina
RÁNGEL ORTIZ, Tomás	México
SCHWARTZ, Miguel	Argentina
TALIA, Jorge Eduardo	Argentina
WORNER OLAVARRIA, Carlos Hernán	Chile
HUERTA CORTES, Alfredo	México
GARCIA VARGAS, Jaime	México

**INDICE**

A modo de presentación .....	3
Una visión sobre el autor .....	5
Introducción .....	7
Capítulo 1 ¿Porqué metalurgia en CNEA? .....	9
Capítulo 2 J. A. Sabato, “el man” .....	10
Capítulo 3 Metalurgia en CNEA Etapa inicial .....	15
Capítulo 4 Primer logro .....	22
Capítulo 5 Actividad académica .....	24
Capítulo 6 Infraestructura de la metalurgia .....	26
Capítulo 7 S.A.T.I. ....	38
Capítulo 8 Formación de recursos humanos .....	42
Capítulo 9 Logros tecnológicos .....	59
Capítulo 10 Instituto Sabato .....	63
Epílogo .....	65
Bibliografía .....	66
Nota de autor .....	66
Anexo I .....	67



Se terminó de imprimir  
en noviembre de 2009 en **cmgraphics**  
los patos 2644 capital